

Automatismos eléctricos industriales - 3

AUTOMATISMOS CABLEADOS

APARATOS DE CONMUTACIÓN EL CONTACTOR



CONTENIDO

- 1 CONTACTOR. INTRODUCCIÓN.
- 2 CONSTITUCIÓN.
- 3 FUNCIONAMIENTO.
- 4 APLICACIONES.
- 5 CARACTERÍSTICAS.
- 6 BOBINAS DE LOS CONTACTORES. TENSIÓN DE ACTIVADO.
- 7 ESQUEMAS.
- 8 ACTIVADO DEL CONTACTOR.
- 9 PARÁMETROS QUE DEFINEN A UN CONTACTOR
- 10 ¿CÓMO SE ESCOGE UN CONTACTOR PRINCIPAL?
- 11 CATEGORÍA DE EMPLEO DEL CONTACTOR
- 12 PROCEDIMIENTO PARA LA ELECCIÓN DEL CONTACTOR
- 13 ¿CUANDO INTERESA BLOQUEAR MECÁNICAMENTE UN CONTACTOR?
- 14 LOS CONTACTOS DEL CONTACTOR.
- 15 CAMBIOS DE POSICIÓN EN LOS CONTACTOS DEL CONTACTOR
- 16 ¿CÓMO TEMPORIZAR UN CONTACTOR?
- 17 PROTECCIÓN FRENTE A CORTES DE TENSIÓN MOMENTÁNEOS.
- 18 PROTECCIÓN FRENTE A LAS SOBRETENSIONES.
- 19 CONTACTORES AUXILIARES.

La conmutación

La conmutación consiste en establecer, cortar y, en el caso de la variación de velocidad, ajustar el valor de la corriente absorbida por un motor.

Según las necesidades, esta función puede realizarse con aparatos,

- **electromecánicos:**

- contactores,
- contactores disyuntores (se estudian en el tema de aparatos de protección)
- y disyuntores motores, (se estudian en el tema de aparatos de protección)

- **electrónicos:**

- relés y contactores estáticos,
- arrancadores ralentizadores progresivos,
- variadores y reguladores de velocidad.

1 CONTACTOR. INTRODUCCIÓN

La energía eléctrica, puesta a disposición de industriales o de particulares a través de una red de distribución, no puede estar conectada permanentemente a un conjunto de receptores. Es pues necesario emplear sistemas de conmutación de potencia que permitan el transporte o la interrupción de la energía eléctrica procedente de la red, hacia los receptores.

Estos son los interruptores, disyuntores y sobre todo los contactores que, aseguran esta función llamada «mando de potencia».

En la mayoría de los casos, para facilitar la utilización así como el trabajo del operador que se encuentra a menudo alejado de los órganos de conmutación de potencia, es preciso recurrir al mando a distancia.

El cambio se realiza a través de un sistema motor, accionado por auxiliares de mando (pulsadores por ejemplo) que sustituye la acción manual del operador.

El contactor, gracias a su electroimán tiene la función de mando o de control a distancia.

Esta última implica a menudo un informe de la acción realizada, bien por visualización con ayuda de un piloto luminoso o por mando automático de un segundo aparato. Los circuitos eléctricos complementarios llamados «circuitos de mando automático» están realizados con la ayuda de contactos incorporados en el contactor.

Los contactores son hoy en día los aparatos que sustituyen a los interruptores de cuchillas y de palanca (en desuso). Su ventaja es el gobierno a distancia con muy poco consumo y mediante cualquiera de los elementos de mando y control (pulsadores, termostatos, presostatos, finales de carrera, etc.).

Un contactor es un dispositivo similar a un relé electromagnético convencional, utilizado para el control de cargas de elevada potencia.

Podemos definir el contactor como el mecanismo electromagnético capaz de cerrar un circuito mediante el suministro de una señal eléctrica y abrirlo de nuevo al cesar ésta (funcionamiento todo o nada).



Fig. 1.1 CONTACTOR ELECTROMAGNÉTICO

2 CONSTITUCIÓN

El contactor es un mecanismo electromagnético y por tanto tendrá:

- un circuito eléctrico, y
- un circuito magnético para su accionamiento.

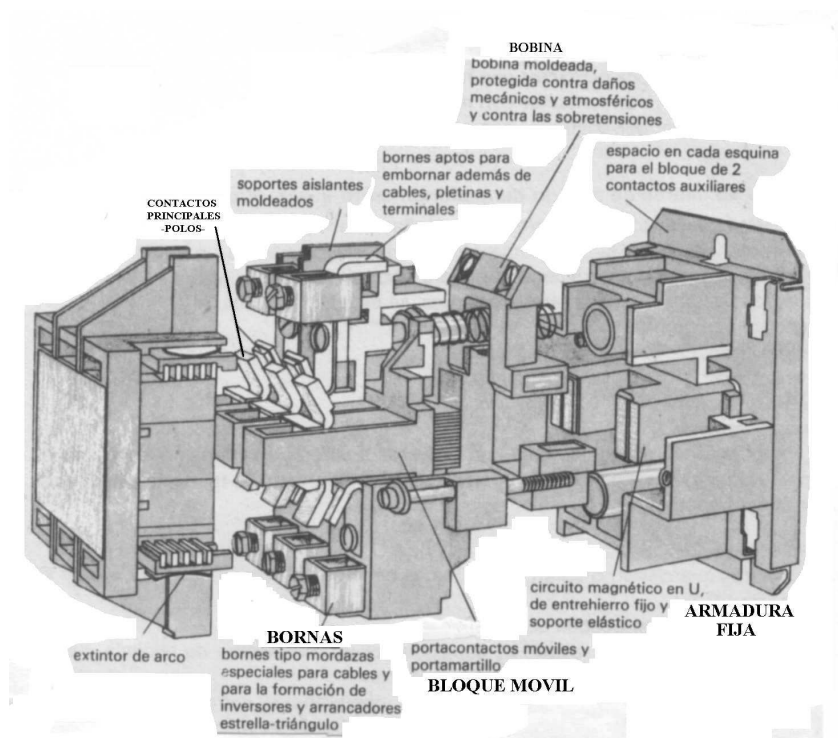


Fig. 2.1 CONSTITUCIÓN DE UN CONTACTOR

- Soporte**, sobre el que se fijan los órganos del contactor.
- Electroimán**, formado por un circuito magnético y una bobina.
- Contactos principales o de trabajo**, son los encargados de permitir o no la corriente en el circuito de fuerza (del tipo NA, aunque pueden encontrarse también del tipo NC).
- Contactos auxiliares**, son los encargados de realizar las funciones de señalización, enclavamiento, autoalimentación, etc. Sus contactos pertenecen al circuito de mando. (ya sean NA o NC)

El número de contactos puede variar de un modelo a otro. Todos los contactos están controlados por la misma bobina.

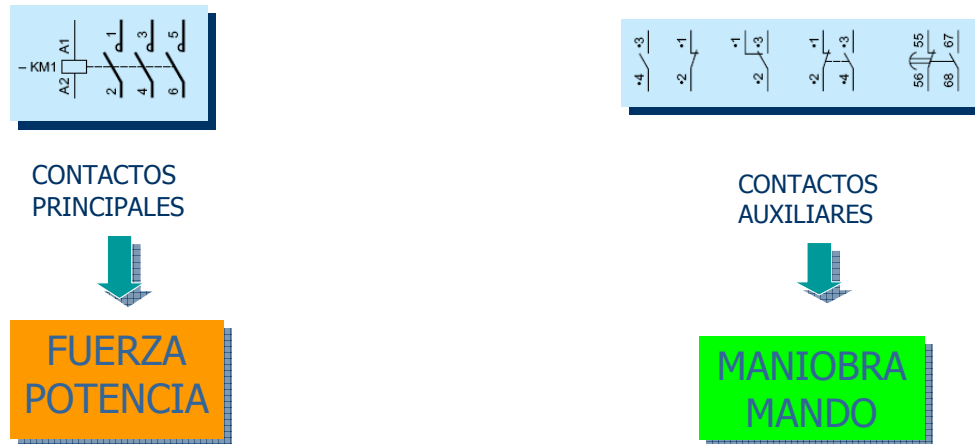


Fig. 2.2 Contactos de un contactor

La diferencia esencial entre los contactos principales y los auxiliares de un contactor estriba en que los primeros pueden soportar el paso de una corriente eléctrica mucho mayor que los segundos. Los contactos principales soportan las corrientes del circuito de potencia y los auxiliares las corrientes del circuito de control.

3 FUNCIONAMIENTO

Cuando se alimenta la bobina del electroimán, el contactor conecta o desconecta una serie de contactos formados internamente por láminas (polos) que pueden soportar grandes corrientes.

La parte móvil del electroimán que mueve los contactos móviles de los polos y de los contactos auxiliares o, en determinados casos el dispositivo de mando de estos últimos, se desplaza:

- por rotación, pivotando sobre un eje,
- por traslación, deslizándose paralelamente a las partes fijas,
- por movimiento combinado de los dos.

En el momento en que la bobina deja de ser alimentada, el contactor se abre bajo los efectos de:

- de los resortes de presión de los polos,
- del resorte de retorno de la armadura móvil,
- y para determinados aparatos, de la gravedad (la parte móvil tiende naturalmente a volver a su posición de origen).

4 APLICACIONES

El contactor presenta un gran número de ventajas y permite en particular:

- interrumpir corrientes monofásicas o polifásicas importantes mediante un auxiliar de mando recorrido por una intensidad pequeña.
- asegurar tanto el funcionamiento intermitente como continuo;
- efectuar un mando manual o automático a distancia con la ayuda de hilos de pequeña sección, así pues una reducción importante de los cables de «potencia» utilizados;
- de multiplicar los puestos de mando y de situarlos cerca del operador.

5 CARACTERÍSTICAS

El contactor:

- ♦ es robusto y fiable porque no encierra ningún mecanismo delicado ;
- ♦ se adapta fácil y rápidamente a la tensión de alimentación del circuito de mando (red o fuente independiente);
- ♦ asegura durante una interrupción momentánea de corriente, la seguridad del personal contra los arranques intempestivos (mediante un mando por pulsadores de impulsión).
- ♦ facilita la repartición de los puestos de parada de emergencia y los enclavamientos impidiendo la puesta en marcha de la máquina si no son tomadas todas las precauciones;
- ♦ protege al receptor contra las caídas de tensión importantes (apertura instantánea por debajo de una tensión mínima) ;
- ♦ se presta a la concepción de equipos de automatismos simples o complejos.

6 BOBINAS DE LOS CONTACTORES. Tensión de activado

En el circuito de mando se encuentran las bobinas de los contactores (principales y auxiliares).

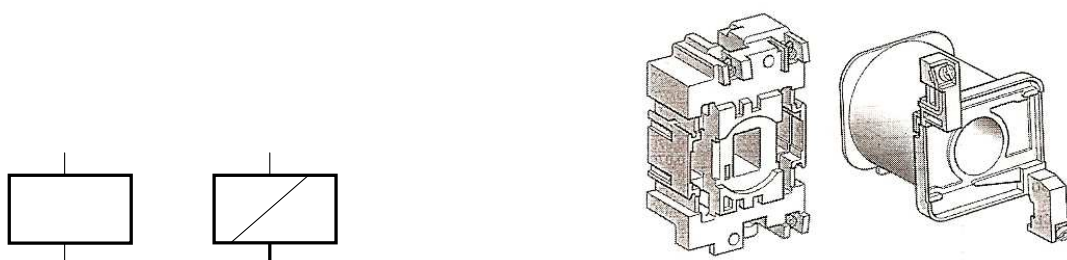
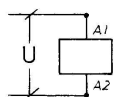


Fig. 6.1 BOBINA DEL CONTACTOR

Inicialmente la tensión nominal de activado de los contactores, o la que se escoja por motivos de seguridad, es la que decide el valor de la tensión de alimentación de todo el circuito de mando. Fig.

En la Fig. 6.2 se muestran las tensiones más frecuentes de activado de contactores.



U	~	24	32	42	48	110	115	120	127	208	220	230	240	277	380	400	415	440	450	500
50-60 Hz																				
(voltios)	— —	12	24	36	48	60	72	110	125	220	250	440	600							

Fig. 6.2 TENSIONES DE ACTIVADO DE LOS CONTACTORES

CONSUMO DE LAS BOBINAS

La potencia de una bobina (llamada consumo medio) tiene siempre un valor pequeño, pero hay que tenerlo en cuenta cuando existan muchos contactores y la tensión de mando proviene de un transformador.

Ejemplo:

La bobina LX1-D09220 de la marca Telemecánica para 50-60 Hz tiene de características:

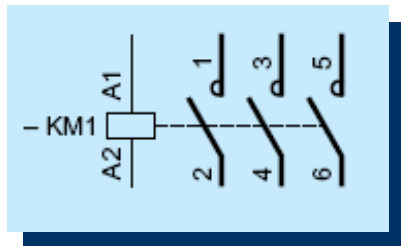
- Llamada ($\cos \varphi=0'8$): 60-84 VA
- Mantenimiento ($\cos \varphi=0'3$): 6'5-0'5 VA

7 ESQUEMAS

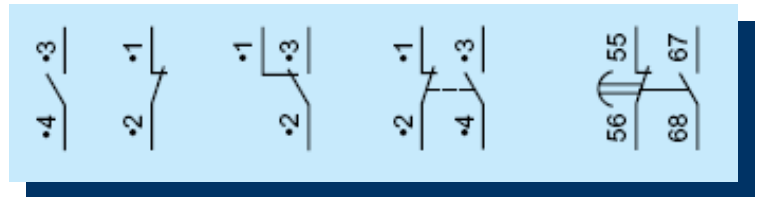
Cualquier contactor está provisto de: Fig. 7.1

- contactos **principales** o polos (si se trata de un contactor principal). Estos contactos son los que conmutan la carga (motores, resistencias...). Figuran en el esquema principal.
- contactos **auxiliares** de diversos tipos. Los contactos **auxiliares** conmutan elementos del circuito de mando, tales como señalización, alarmas, bobinas de contadores..., y realizan funciones de enclavamiento,

temporización, etc. Figuran en el esquema de fuerza (potencia).



CONTACTOS PRINCIPALES



CONTACTOS AUXILIARES

Fig. 7.1 Contactos de un contactor

Marcado de bobinas de mando

Los bornes de las bobinas de mando se marcan con una letra (A o B) seguida de un número de borne. Los bornes de aparatos con un único devanado se marcan como A1 y A2. Aquellos que incorporan dos devanados, como A1 y A2 para el primero y B1 y B2 para el segundo. Fig. 7.2

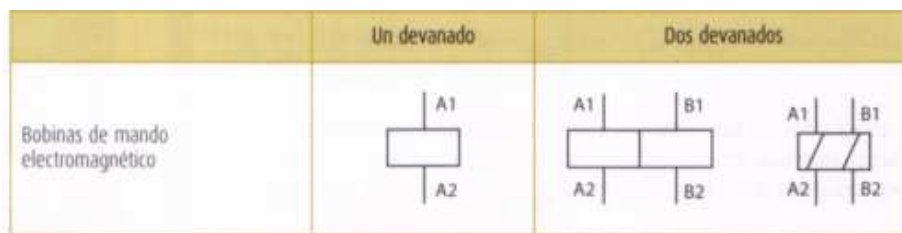


Fig. 7.2 IDENTIFICACIÓN DE LOS TERMINALES DE MANDOS ELECTROMAGNÉTICOS

Marcado de contactos principales

Para marcar los bornes de los contactos principales, incluidos los de los relés térmicos, utilizamos una única cifra de 1 a 4 en equipos bipolares, de 1 a 6 en aparatos tripolares o de 1 a 8 en tetrapolares. El borne de entrada se marca con un número impar y el de salida con el número par inmediatamente superior. Fig. 7.3

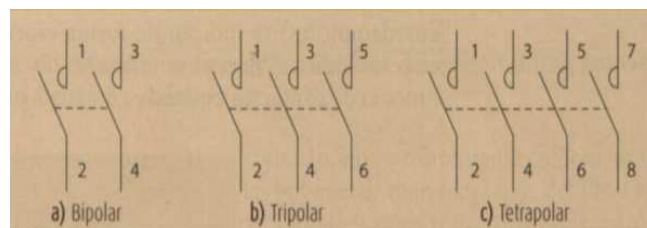


Fig. 7.3 MARCADO DE CONTACTOS PRINCIPALES

Marcado de contactos auxiliares

Los contactos auxiliares de los contadores y los contactos de los auxiliares de mando (pulsadores, relés, interruptores, finales de carrera, etc.) se marcan con dos cifras que indican: Fig. 7.4

- La cifra de **unidades**, llamada cifra de función. indica la función del contacto: 1 y 2 designan un contacto normalmente cerrado (NC), 3 y 4 uno normalmente abierto (NA), 5 y 6 un contacto de apertura temporizada, 7 y 8 un contacto de cierre temporizado. El número 9 y, si es necesario el 10, se reservan para los contactos auxiliares de los relés térmicos.
- La cifra de **decenas** indica el orden de numeración de los contactos en el contactor.

Cifra unidades	Función del contacto	Ejemplo (Las decenas indican el orden del contacto en el aparato)
1-2	De apertura (NC)	
3-4	De cierre (NA)	
1-2-4	Conmutado	
5-6	De apertura especial (temporizado, disparo de térmico...)	
7-8	De cierre especial (temporizado, disparo de térmico...)	
5-6-8	Conmutado especial (temporizado, disparo de térmico...)	

Fig. 7.4 IDENTIFICACIÓN DEL ESTADO Y LA FUNCIÓN DE UN CONTACTO AUXILIAR

Las disposiciones más habituales de los contactos las vemos en la Fig. 7.5. Si un polo es NC (normalmente cerrado) se llama **ruptor** y sus bornas se designan con la letra R.

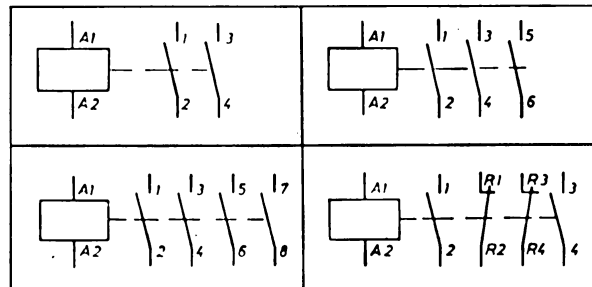
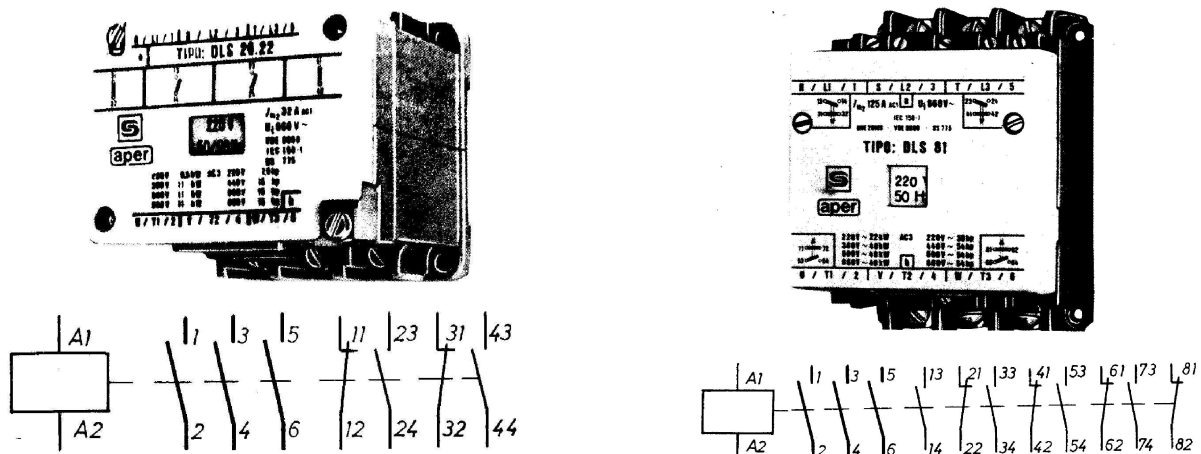
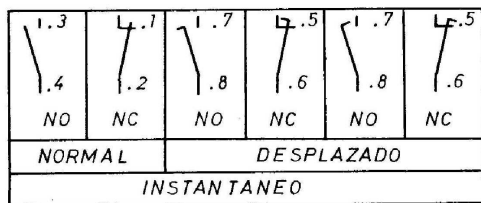


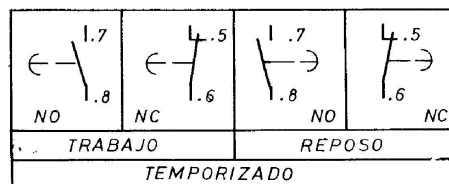
Fig. 7.5

En algunos modelos de contactores, los contactos auxiliares y los principales (polos) están colocados en un bloque común (Fig. 7.6).





a



b

Fig. 7.6

En la actualidad se tiende a construir los contactores principales en dos bloques:

- un bloque base, que contiene los polos.
- y uno o dos contactos auxiliares, y un bloque suplementario, que contiene contactos auxiliares.

En la **Fig. 7.7** tenemos dos ejemplos de disposición de ambos bloques, junto a los tres esquemas más frecuentes de un bloque base tripolar.

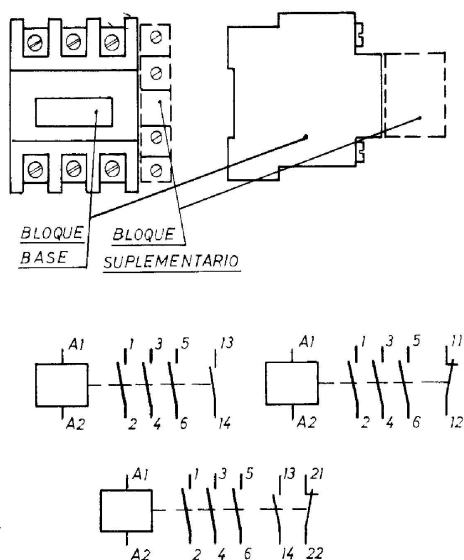


Fig. 7.7

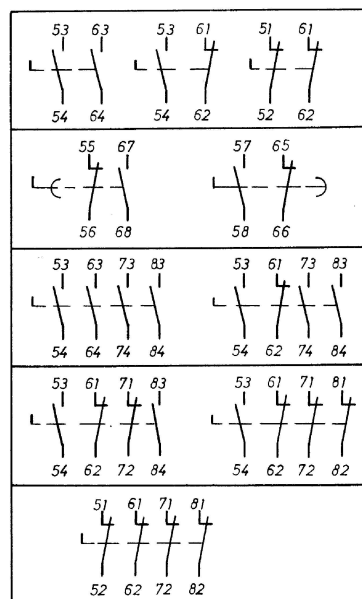


Fig. 7.8

Indicamos en la **Fig. 7.8** algunos tipos de **bloques suplementarios**. El número de orden de sus contactos comienza por el número 5 por razones de uniformidad, ya que también pueden acoplarse a contactores auxiliares de cuatro contactos. En algunos modelos, esta numeración puede arrancar del número 1.

8 ACTIVADO DEL CONTACTOR

Ya hemos definido el activado del contactor como la puesta en tensión de su bobina, con el consiguiente cierre de sus contactos. La **Fig. 6.2** recoge las tensiones habituales de activado, siendo la de 230 V en corriente alterna la más habitual.

Un contactor con bobina para 230 V ¿a qué valor de tensión cierran sus contactos?. Es interesante este dato, ya que una disminución del valor de ésta puede provocar la desconexión y parada de los motores conmutados.

Las actuales normas establecen que un contador activado a una tensión de valor $0,85 \cdot U_n$ (siendo U_n la nominal) debe tener ya sus contactos cerrados y con buena presión.

Si la tensión desciende a partir de ese valor, aunque lo haga lentamente, deberá llegar un momento en el que la desconexión sea total y prácticamente instantánea.

Una escasa presión entre los contactos atravesados por la corriente provoca calentamientos, chispas y su desgaste prematuro.

Asimismo, un contactor deberá poder soportar permanentemente una tensión de valor $1,1 \cdot U_n$ aplicada a su bobina.

Se sitúa en 0,4·Un el valor de total desconexión y en 0,85· Un el de total conexión (**Fig. 8.1**).



Fig. 8.1

En un contactor con bobina a 230 V, esos valores son de 92 V y 195 V, respectivamente.

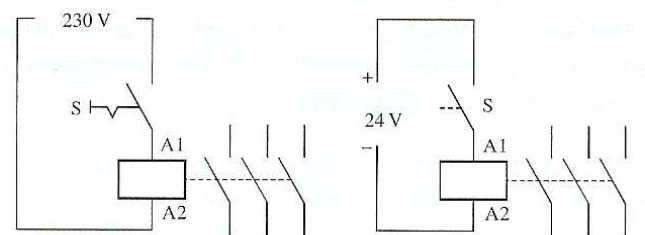
El tiempo de activado (**ta**) de un contactor se define como el tiempo que transcurre entre el instante de aplicación de tensión a la bobina y el cierre de sus contactos.

El tiempo de desactivado **td** se define, asimismo, como el transcurrido entre el corte de la tensión y la apertura de los contactos.

El tiempo **ta** depende -en corriente alterna- del punto de la onda senoidal en el que se realiza la conexión. El tiempo **td** depende de la fuerza del resorte interno.

En cualquier caso, estos tiempos son muy pequeños y no superan las 25 milésimas de segundo en contactores de $I_e (AC3) \leq 65 \text{ A}$.

Para dejar activado un contactor, el cierre del circuito de la bobina ha de realizarse con un interruptor que mantenga de modo estable esta posición. Un simple interruptor manual u otro contacto con posición de cierre estable son suficientes (**Fig. 8.2**).



Activado de un contactor por medio de un contacto estable.

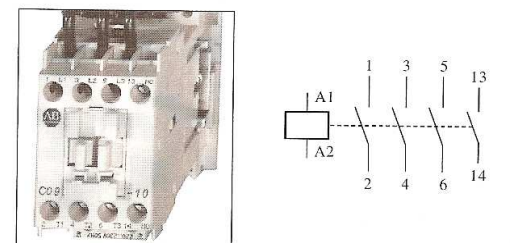
Fig. 8.2

Si quiere activar un contactos por medio del cierre breve de un contacto (o "impulso") el sistema más simple consiste en emplear una **pareja de pulsadores**. **Fig. 8.3**.



Fig. 8.3

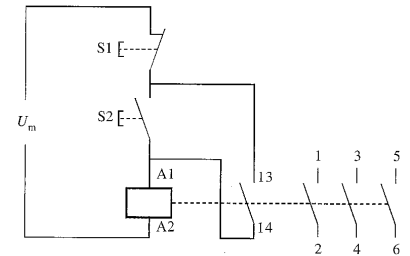
Para realizar tal tipo de activado es preciso que el contactor esté provisto de un contacto auxiliar NA, que cierre y abra solidariamente con sus contactos principales. La práctica totalidad de los contactores cuenta con dicho contacto auxiliar, cuyos bornes se numeran con 13-14 (**Fig. 8.4**).



Contactador tripolar con un contacto auxiliar NA (13-14).

Fig. 8.4

El control del contador (activado y desactivado) queda asegurado mediante la disposición de la **Fig. 8.5**, en la que el pulsador NA está en paralelo con el contacto auxiliar, que cumple la función de **realimentación o retenida**.



Mando de un contactor por pareja de pulsadores.

Fig. 8.5

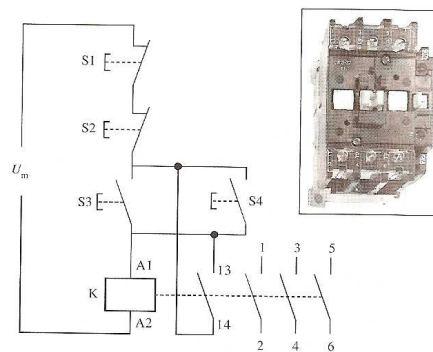
Según esta disposición, un breve pulsado al S2, activa el contador, que permanece ya activado a través de su propio contacto 13-14. Otro breve pulsado al S1, lo desactiva.

Como veremos más adelante, estos breves impulsos pueden provenir de otros propios de dispositivos, tales como finales de carrera o de diversos contactos auxiliares.

La ventaja de este sistema radica en la posibilidad de controlar el contador desde varios lugares diferentes, colocando:

- varios pulsadores o contactos NA en paralelo.
- varios pulsadores o contactos NC en serie.

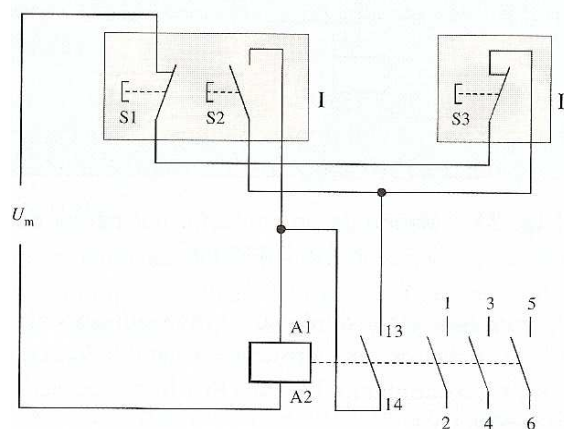
En el esquema de la **Fig. 8.6**, podemos activar el contador K con dos pulsadores y desactivarlo con otros dos.



Activado de contactor por dos parejas de pulsadores.

Fig. 8.6

El contador de la **Fig. 8.7** se puede activar desde un lugar I y se puede desactivar desde los lugares I y II.



Control de un contactor desde dos lugares diferentes.

Fig. 8.7

En ciertos casos, el contacto auxiliar del contador es NC, que está cerrado cuando los contactos principales están abiertos y viceversa.

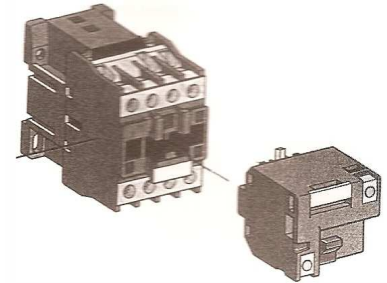
En otros casos, el contactor tiene dos contactos auxiliares, que pueden ser:

- NA + NC
- 2NA
- 2NC

según convenga al circuito.

A veces, interesa que un contactor permanezca activado (contactos cerrados) a pesar de haber desaparecido la tensión en la bobina. Un sistema como éste evita el consumo eléctrico de la bobina y protege contra desconexiones no deseadas cuando hay cortes esporádicos en la tensión de activado. Conseguimos este efecto acoplando al contactor un **bloque de retención mecánica**, cuya disposición y esquema recoge la **Fig. 8.8**.

Un simple impulso al pulsador S1 deja el contactor activado y bloqueado en dicha posición. Otro impulso al pulsador S2 actúa sobre la bobina E1- E2 del bloque de retención, que lo libera y desactiva el contactor (**Fig. 8.9**).



Bloque de retención mecánica de un contactor.

Fig. 8.8

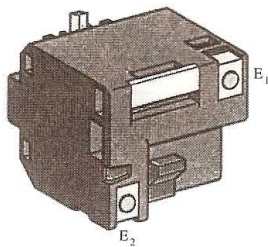
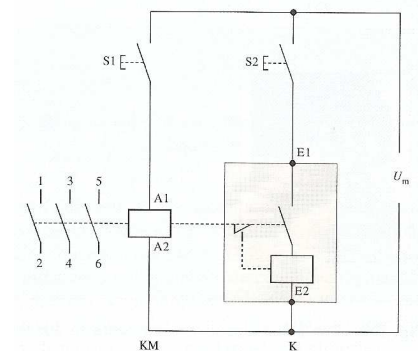


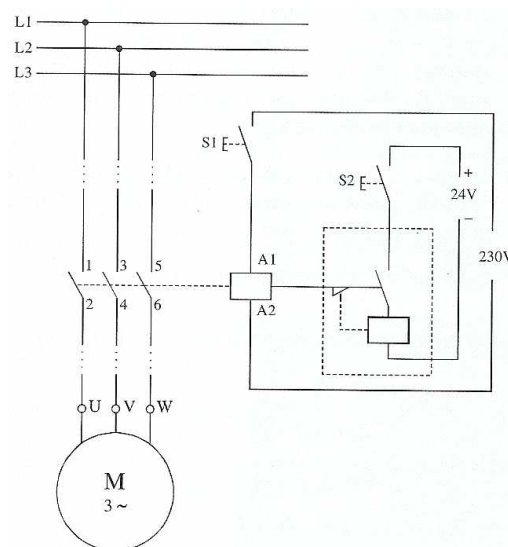
Fig. 8.9



Un pequeño contacto interno de dicho bloque evita que su bobina pueda recibir tensión innecesariamente, cuando el contactor está desactivado.

Los bloques de retención tienen los mismos valores de tensión de activado que los contactores (**Fig. 6.2**).

Sin embargo, y por exigencias del circuito, pueden tener valores diferentes, como en el ejemplo de la **Fig. 8.10**. El pulsado de S1 arranca el motor, y el pulsado del S2 lo detiene.



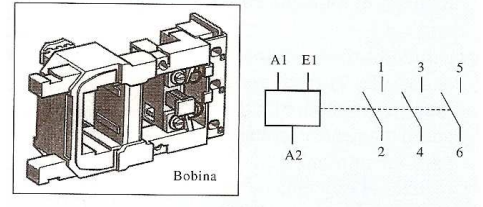
Contactador con bloque de retención mecánica

Fig. 8.10

También podemos obtener el activado permanente de un contador, tras un breve impulso de tensión a su bobina, utilizando el sistema de **retención magnética (Fig. 8.11)**.

En este tipo de contactos la bobina es doble y tiene tres bornas:

- una común A2.
- una de activado A1.
- una de desactivado E1.



Contactor de retención magnética. Bobina.

Fig. 8.11

Un breve impulso de corriente continua o alterna, deja el núcleo magnetizado permanentemente y el contador activado. Otro impulso en la borna opuesta, lo desactiva.

Puede realizarse esta operación manualmente con una pareja de pulsadores S1 y S2 (**Fig. 8.12**).

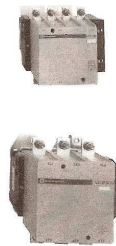
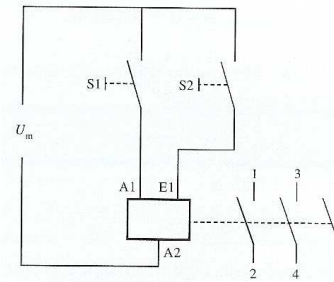


Fig. 8.12 CONTACTORES DE RETENCIÓN MAGNÉTICA. ACTIVADO Y REACTIVADO



Los contactores con retención magnética tienen ciertas ventajas, tales como:

- nulo consumo de energía.
- son silenciosos en estado activado.
- son insensibles a las perturbaciones de la red.
- conservan la memoria de su posición tras un corte de la tensión de mando.

Sus peculiaridades constructivas los hacen prácticos en tamaños medianos y grandes.

9 PARÁMETROS QUE DEFINEN A UN CONTACTOR

La norma IEC 60947 define las características eléctricas y mecánicas de los contactores. Están sacadas de la norma IEC 60947, fascículo 1.

♦ Tensión asignada de empleo (U_e).

Tensión para la cual los polos trabajan en óptimas condiciones.

La tensión asignada de empleo de un material es un valor que, al combinarse con la corriente asignada de empleo, determina el empleo del material y el valor que toman como referencia los correspondientes ensayos y la categoría de empleo. Para materiales unipolares, la tensión asignada de empleo suele expresarse por la tensión a través del polo y para materiales multipolares, por la tensión entre fases.

♦ Tensión asignada de aislamiento (U_i)

Es la máxima tensión que son capaces de soportar los polos sin que aparezcan problemas de aislamiento. Es el valor de tensión que sirve como referencia en los ensayos dieléctricos y para las líneas de fuga. El valor más elevado de la tensión asignada de empleo en ningún caso debe sobrepasar el de la tensión asignada de aislamiento.

♦ Tensión asignada de resistencia a los choques (U_{imp})

Valor de cresta de una tensión de choque, de forma y polaridad prescritas, que debe poder soportar el material sin que se produzca una descarga eléctrica, en unas condiciones de ensayo específicas, y que sirve como referencia para los valores de las distancias de aislamiento. La tensión asignada de resistencia a los choques de un material debe ser igual o superior a los valores fijados para las sobretensiones transitorias que aparecen en el circuito donde está colocado dicho material.

♦ Corriente asignada de empleo (I_e) o potencias asignadas de empleo

Es la corriente nominal máxima del receptor que el contactor puede establecer, soportar e interrumpir en unas condiciones de utilización definidas, sin recalentamiento excesivo ni desgaste exagerado de los contactos (máxima intensidad aconsejable para que conmute).

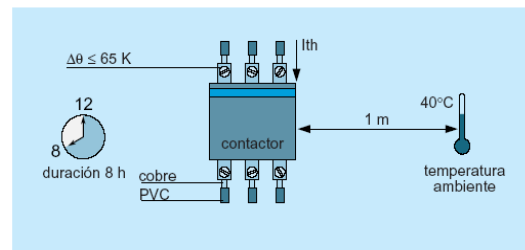
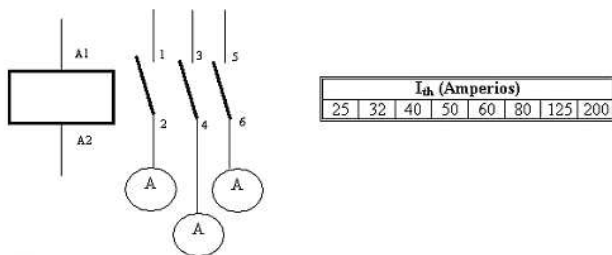
Es la característica más representativa de cualquier contactor.

El fabricante define la corriente asignada de empleo de un material teniendo en cuenta la tensión asignada de empleo, la frecuencia asignada, el servicio asignado, la categoría de empleo y, en su caso, el tipo de envoltorio de protección. En el caso de materiales para control directo de un solo motor, puede sustituirse o completarse la indicación de una corriente asignada de empleo por la de la potencia máxima disponible asignada, con la tensión asignada de empleo considerada del motor para el que se ha previsto el material. Llegado el caso, el fabricante debe poder especificar la relación admitida entre la corriente de empleo y la potencia de empleo.

♦ Corriente térmica convencional I_{th}

Es la máxima intensidad que pueden soportar los polos de forma continuada durante 8 horas. Debe ser al menos igual al valor máximo de la corriente asignada de empleo del material sin envoltorio, en servicio de 8 horas.

La corriente térmica convencional de un contactor se determina mediante un ensayo de recalentamiento de 8 h de duración a una temperatura ambiente de 40 °C. Las conexiones se realizan con conductores de cobre de sección normalizada aislados con PVC. La norma IEC 60947 fija la elevación máxima de la temperatura de las bornas en 65 K (en vez de 70 K con la antigua norma IEC 158). Es decir, que la temperatura de las bornas no debe sobrepasar 40 + 65 = 105 °C. La elevación de temperatura se expresa en Kelvin (K). La norma no define los recalentamientos internos. Corresponde al fabricante limitarlos a valores compatibles con los materiales aislantes utilizados.



Ensayo de recalentamiento de un contactor

Fig. 9.1

Las zonas o las bornas de conexión de los contactores han de tener una sección o una capacidad de conexión normalizada dependiente de la corriente térmica asignada.

♦ Corriente térmica convencional en envoltorio (I_{the})

La corriente térmica convencional en envoltorio de un material es el valor de la corriente, fijado por el fabricante, que debe utilizarse en los ensayos de recalentamiento del material cuando éste va montado en una envoltorio específica. Dichos ensayos son obligatorios si el material se describe como material en envoltorio en los catálogos del fabricante y se destina normalmente a ser utilizado con una o varias envoltorios de tipo y tamaño específicos. El valor de la corriente térmica convencional en envoltorio debe ser al menos igual al valor máximo de la corriente asignada de empleo del material en envoltorio, en servicio de 8 horas.

♦ Poder asignado de cierre (conexión) I_{ci} (I_c)

Intensidad en el momento de la conexión del contactor.

El poder asignado de cierre de un material es un valor de corriente, fijado por el fabricante, que el material puede establecer satisfactoriamente en unas condiciones de cierre específicas. El poder asignado de cierre se expresa por el valor eficaz de la corriente que puede **establecer** un contactor sin desgaste exagerado ni soldadura de los contactos (intensidad máxima que puede soportar un contactor en el momento de conmutación).

Las condiciones de cierre que deben especificarse son:

- la tensión aplicada,
- las características del circuito de ensayo.

El poder asignado de cierre se expresa en función de la tensión asignada de empleo y de la corriente asignada de empleo.

Nota: Cuando un contactor se activa y conecta al red, la intensidad que atraviesa sus polos o Intensidad de conexión, es elevada. Si se realiza una operación de arranque directo de un motor, esa intensidad es la de arranque del motor. A continuación se muestra las intensidades de arranque de motores trifásicos de 1500 rpm.

Kw	0,37	0,55	0,75	1,1	1,5	2,2	3	4	5,5	7,5
Ia (A)	3,7 In	4,5 In	5 In	5 In	5,5 In	6 In	6,2 In	7 In	7 In	7,5 In

Fig. Tabla 9.2

♦ Poder asignado de corte (desconexión) I_{co} (I_d)

Intensidad en el momento de la desconexión del contactor.

El poder asignado de corte de un material es un valor de corriente, fijado por el fabricante, que el material puede cortar satisfactoriamente en unas condiciones de corte específicas.

Se expresa por el valor eficaz de la corriente que el contactor puede interrumpir con una tensión de empleo determinada, sin emisión excesiva de llamas hacia el exterior de las cámaras apagachispas, sin arco permanente, sin cebado entre fases o entre fase y masa.

De otra forma, es la intensidad máxima que puede soportar un contactor en el momento del corte.

Las condiciones de corte que deben especificarse son:

- las características del circuito de ensayo,
- la tensión de restablecimiento a frecuencia industrial.

El poder asignado de corte se expresa en función de la tensión asignada de empleo y de la corriente asignada de empleo.

♦ Durabilidad mecánica

En cuanto a la resistencia al desgaste mecánico, un material se caracteriza por el número, indicado en la correspondiente norma de material, de ciclos de maniobras **en vacío** (es decir, sin corriente en los principales contactos) que debe poder efectuar el material sin que sea necesario revisarlo o cambiar piezas mecánicas; no obstante, puede admitirse un mantenimiento normal según las instrucciones del fabricante para materiales diseñados para ser mantenidos. Cada ciclo de maniobras consiste en una maniobra de cierre seguida de una maniobra de apertura.

♦ Durabilidad eléctrica

En cuanto a su resistencia al desgaste eléctrico, un material se caracteriza por el número de ciclos de maniobras **en carga** que es capaz de efectuar sin reparaciones ni cambios de piezas, en las condiciones de servicio indicadas en la correspondiente norma

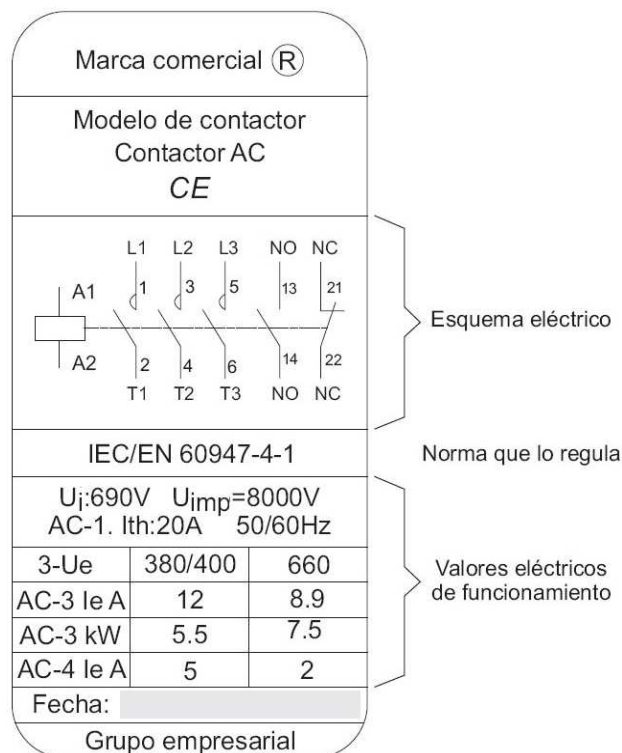


Fig. 9.3 CARACTERÍSTICAS DE UN CONTACTOR.

10 ¿COMO SE ESCOGE UN CONTACTOR PRINCIPAL?

Como la elección de un contactor principal se escapa del objetivo de este tema, que es la de exponer los aspectos generales, función y funcionamiento, solamente indicaremos los elementos a tener en cuenta para su elección.

CONTACTORES DE CORRIENTE ALTERNA

- **Número de polos.**
- **Número de contactos auxiliares.**
- Activado del contactor de forma **manual** o **automática**.
- Necesidad de un **contactor auxiliar** cuando se ponga en marcha el sistema.
- **Tensión asignada de empleo, U_e .** Es la tensión máxima que puede aplicarse a sus contactos y para la que el fabricante y las Normas de calidad correspondientes responden de sus características de conmutación. Un valor muy frecuente de tensión nominal de empleo es el de 440 V.
- **Tensión asignada de aislamiento, U_i .**
- **Corriente térmica convencional, I_{th}**
Necesitamos saber previamente la intensidad nominal a cortar.
- **Categoría de empleo o servicio.** Naturaleza y el modo en que va a realizarse la conmutación.
- **Corrientes asignadas de empleo (I_e) o potencias asignadas de empleo**
- Protección del contactor frente a las corrientes de cortocircuito.
Mediante interruptor automático o fusibles.
- **Intensidades máximas que puede soportar los contactos de un contactor en el momento de conmutación y en el momento del corte.**
El contactor tiene dos características importantes:
 - **Poder asignado de cierre (conexión), I_{ci} (I_c).** Es el valor eficaz de la intensidad que el contactor puede establecer en las condiciones fijadas por las normas.
 - **Poder asignado de corte (desconexión), I_{co} (I_d).** Es el valor eficaz de la intensidad que el contactor puede cortar en las condiciones fijadas por las normas.
- **Durabilidad.** Número de **maniobras** (activado + desactivado) que soportan sus contactos. Una cifra muy frecuente es la de un millón de maniobras.
Hay que diferenciar entre:
 - **Durabilidad mecánica.**
 - **Durabilidad eléctrica.**
- Ritmo de maniobras eléctricas (conexión + desconexión) que puede mantener **un contactor**. Para ello se distinguen **clases de servicio intermitente**.

11 CATEGORÍAS DE EMPLEO DEL CONTACTOR

Existen contactores de muy diversos tamaños para conmutar la amplia gama de potencias de los motores y de los receptores eléctricos en general.

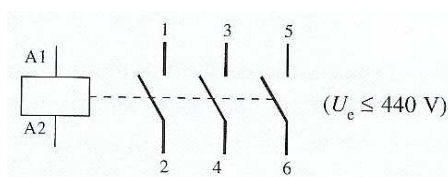
Una característica importante para la elección del contactor para un receptor eléctrico es la **naturaleza** de éste y su **modo de ser conmutado**. Lo explicamos a continuación.

Los contactos de un contactor soportan:

- En el instante de su cierre, la **intensidad de establecimiento**. Dicha intensidad puede ser prácticamente la nominal del receptor si su naturaleza es resistiva, pero será alta (la de arranque) si se trata de un motor.
- Mientras permanecen cerrados, la **intensidad de consumo nominal** del receptor o motor. Dicha intensidad puede producir en ellos unos calentamientos excesivos si no están debidamente dimensionados.
- En el instante de la apertura en carga, la **intensidad de corte**. Este es el momento de máximo deterioro de los contactos, ya que en la "chispa" producida se vaporizan fragmentos del metal que los constituye.

Resulta, entonces, que un contactor puede conectar y desconectar un receptor de determinada intensidad nominal, en diversas circunstancias. **La categoría de empleo del contactor los define.**

Para una mejor comprensión de las categorías de empleo de un contactor, definiremos diez tamaños de contadores, con la denominación de la **Fig. 11.1**. Las características que iremos definiendo de cada uno ellos serán similares a las que podemos encontrar en los catálogos de diversos fabricantes.



K9	K12	K18	K25	K32
K40	K50	K65	K80	K95

Fig. 11.1 ejemplo de una denominación de contactores de un fabricante X

Categorías en corriente alterna

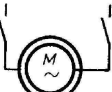
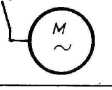
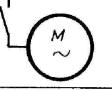
CATEGORÍA DE EMPLEO	CARGA	APLICACIONES	$I_{\text{establecimiento}}$	I_{corte}
AC 1		CARGAS RESISTIVAS calefacción hornos	I_n	I_n
AC 2		MOTORES DE ROTOR BOBINADO	I_a $2,5 I_n$	I_a $2,5 I_n$
AC 3		MOTORES DE ROTOR EN JAULA : corte a motor lanzado	I_a $6 I_n$	I_n
AC 4		MOTORES DE ROTOR EN JAULA : condiciones límite	I_a $6 I_n$	I_c $6 I_n$

Fig. 11.2 CATEGORÍAS DE EMPLEO PARA MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA

Con ello podemos determinar las intensidades:

- Intensidad de establecimiento (conexión), $I_{\text{establecimiento}}$
- Intensidad de corte (desconexión), I_{corte}

- **AC1 (condiciones de servicio ligeras).**

Contactores indicados para el control de cargas no inductivas o con poco efecto inductivo (excluidos los motores), como lámparas de incandescencia, calefacciones eléctricas, etc.

- **AC2 (condiciones de servicio normales).**

Indicados para usos en corriente alterna y para el arranque e inversión de marcha de motores de anillos, así como en aplicaciones como centrifugadoras, por ejemplo.

- **AC3 (condiciones de servicio difíciles).**

Indicados para arranques largos o a plena carga de motores asíncronos de jaula de ardilla (compresores, grandes ventiladores, aires acondicionados, etc.) y frenados por contracorriente.

- **AC4 (condiciones de servicio extremas).**

Contactores indicados en motores asíncronos para grúas, ascensores, etc., y maniobras por impulsos, frenado por contracorriente e inversión de marcha. Por maniobras por impulsos debemos entender aquellas que consisten en uno o varios cierres cortos y frecuentes del circuito del motor y mediante los cuales se obtienen pequeños desplazamientos.

► CATEGORÍA DE EMPLEO AC1

Un contador trabaja en esta categoría de empleo cuando conmuta cargas resistivas, o más exactamente, cargas con un $\cos \varphi > 0,95$. Tal es el caso de las resistencias de calefacción industrial. **Fig. 11.3.**

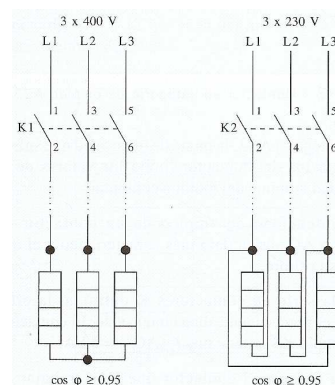
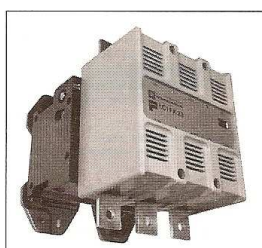


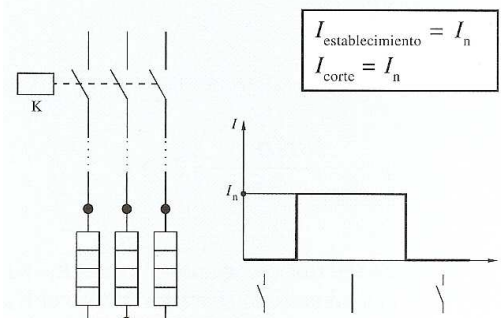
Fig. 11.3 CONTACTORES TRABAJANDO EN CATEGORÍA DE EMPLEO AC1

En esta categoría no hay punta de intensidad al establecimiento.
En el corte, la intensidad es la nominal. **Fig. 11.4.**

$$I_{\text{establecimiento}} = I_n$$

$$I_{\text{corte}} = I_n$$

En esta categoría de empleo, la única limitación es la impuesta por la temperatura alcanzada por los contactos. Por ello, la temperatura ambiente ha de ser tomada en cuenta.



Contactor en categoría de empleo AC1.

Fig. 11.4

La **Fig. 11.5** recoge la intensidad nominal máxima de los receptores resistivos que puede conmutar la serie K definida anteriormente. Se proporcionan dichos valores para dos temperaturas ambientales diferentes.

Ejemplo:

Resistencias de calefacción conmutadas por contactor. Potencia: 16 kW.
Tensión: 400 V.

Solución:

El contactor trabaja en categoría de empleo AC1.

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\phi} = \frac{16.000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.95} = 24.3 \text{ A}$$

De la **figura anterior** escogemos el contactor K18 (32 A) si la temperatura no rebasa los 55 °C o el K25 (28 A) si puede alcanzar los 75 °C.

Para los valores de intensidad de la figura anterior, cada contactor tiene una **durabilidad** determinada, es decir, un número de maniobras (conexión + desconexión) que soportan sus contactos sin que deban ser cambiados. Una cifra muy frecuente es la de un millón de maniobras.

Si un contactor trabaja en categoría AC1 con una carga de intensidad inferior a la máxima de empleo, su durabilidad aumenta.

De la **Fig. 11.6** se puede obtener la nueva durabilidad en esta circunstancia.

$(U_e \leq 440 \text{ V})$	$I_e \text{ (AC1) (A)}$	
	$t \leq 55^\circ\text{C}$	$t \leq 70^\circ\text{C}$
K9	25	17
K12	25	17
K18	32	22
K25	40	28
K32	50	35
K40	80	42
K50	80	56
K65	80	56
K80	125	80
K95	125	80

Intensidades máximas de empleo de contactores en categoría de empleo AC1

Fig. 11.5

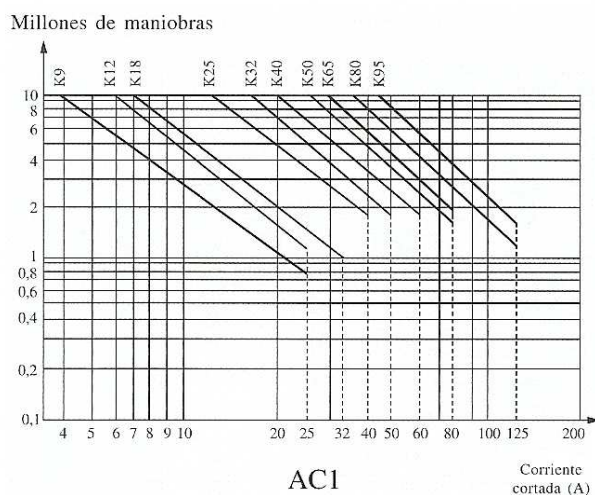


Fig. 11.6 DURABILIDAD DE LOS CONTACTORES EN CATEGORÍA DE EMPLEO AC1. TEMPERATURA $\leq 55^\circ\text{C}$

Ejemplo:

Durabilidad previsible para un contador K25 que trabaja en AC1 con un consumo de 20 A.

Solución:

De la **figura anterior** obtenemos la cifra de 5 millones de maniobras.

► CATEGORÍA DE EMPLEO AC2

La categoría de empleo en AC2 es aplicable a los motores de rotor bobinado, y podemos considerarla una variante de la AC3. En dicha categoría la corriente de establecimiento y la de corte se sitúan ambas en el mismo valor de $2,5 I_n$.

Resulta adecuado para ambos el K32, que va a permitir del orden de dos millones de maniobras.

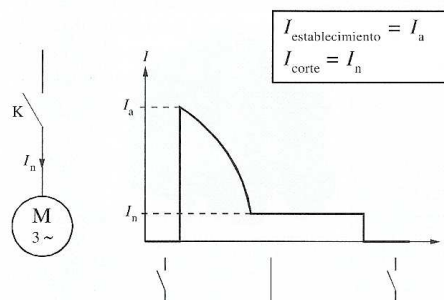
► CATEGORÍA DE EMPLEO AC3

Un contactor trabaja en esta categoría de empleo cuando conmuta motores trifásicos y éstos llegan a estabilizar su velocidad de régimen.

En estas condiciones, el contactor tiene por intensidad de establecimiento la de arranque del motor y por intensidad de corte, la nominal del motor. **Fig. 11.7**

$$I_{\text{establecimiento}} = I_a$$

$$I_{\text{corte}} = I_n$$



Contactor en categoría de empleo AC3.

Fig. 11.7

En categoría AC3, la punta de intensidad que sufren los contactos del contactor limita los valores de la intensidad nominal del motor a conmutar.

La intensidad de empleo de un contactor en categoría AC3 es su dato más característico y el que define su calibre.

En la serie de contadores K definida, la cifra adjunta es precisamente dicha intensidad. El contactor, por ejemplo K32, tiene una $I_e (AC3) = 32 \text{ A}$.

Para escoger el contactor que va a trabajar en categoría AC3 basta con conocer la intensidad nominal del motor I_n , y escoger uno que verifique que $I_e (AC3) \geq I_n$.

Ejemplo:

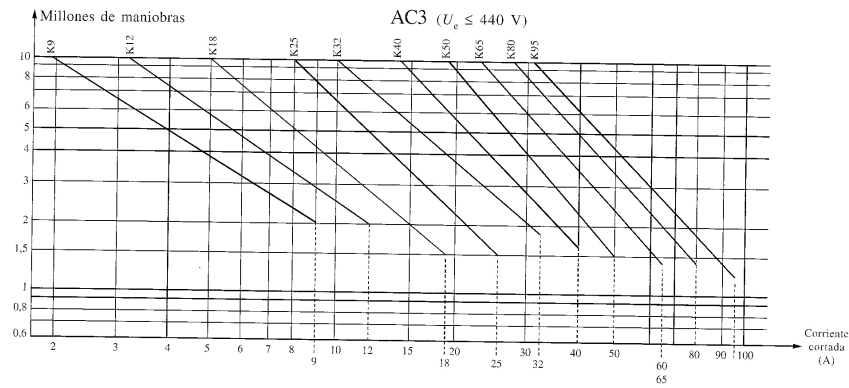
Sea un motor de características: 30 kW, 1460 rpm., 55 A, $\cos \phi = 0,87$. Tras su período de arranque directo, trabaja cierto tiempo a su carga nominal antes de ser desconectado.

El contactor a colocar trabaja, evidentemente, en categoría AC3.

El motor tiene una intensidad nominal de 55 A. Escogeremos un contador K65.

También en categoría AC3, los contadores tienen su propia gráfica de **durabilidad**. Ésta nos permite conocer su número previsible de maniobras cuando trabajan a su intensidad nominal de empleo, o a otras inferiores (**Fig.**

11.8). Para obtener dicha gráfica, el fabricante realiza las maniobras de conexión con una intensidad seis veces mayor que la de desconexión.



Durabilidad de un contactor en categoría de empleo AC3.

Fig. 11.8

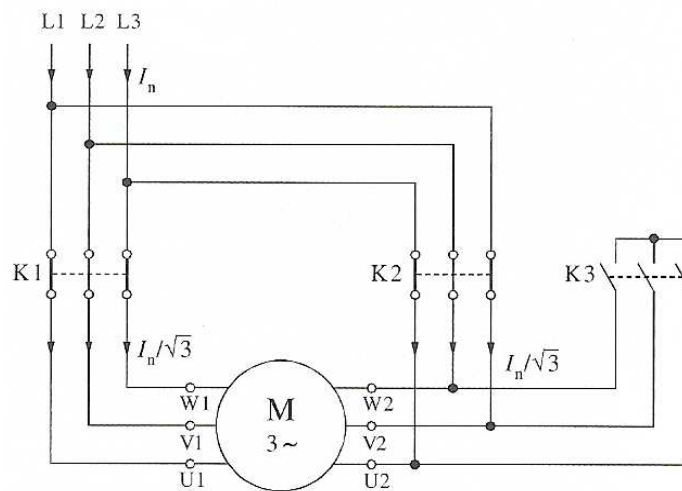
Ejemplo:

Un contactor K18 va a trabajar en categoría AC3 conmutando en arranque directo un motor de 7,5 kW, 1450 rpm., 15,2 A, $\cos \varphi = 0,84$, 400 V.

El contactor es adecuado, ya que el consumo nominal es de 15,2 A.

Serán previsible entre 1,5 y 2 millones de maniobras.

Si un motor tiene previsto un arranque estrella - triángulo, la intensidad nominal que atraviesa los contactores K1 y K2 no es la del motor, sino $\sqrt{3}$ veces menor (**Fig. 11.9**).



Contadores en un arranque estrella-triángulo.

Fig. 11.9

Su intensidad nominal a 400 V es 28,6 A.

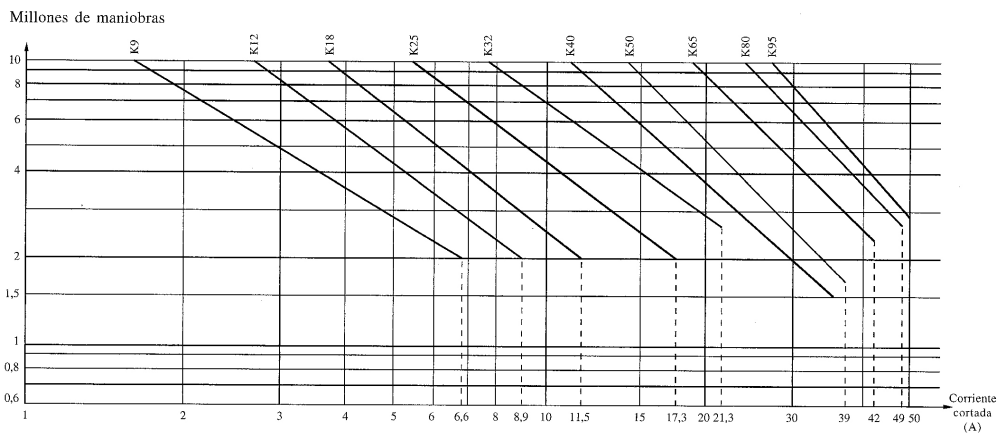
La intensidad nominal es: $I_n = \sqrt{3} \cdot 28,6 = 49,47$ A

ya que la tensión es ahora de 230 V. La intensidad nominal que atravesará los contactores K1, y K2 es: $I_n / \sqrt{3} = 28,6$ A

El contador K3 de la **figura** puede ser de un calibre inferior, ya que en marcha de régimen está desconectado.

Si la tensión de alimentación del motor es mayor que la de empleo, las correspondientes intensidades en AC3 son algo menores. Ello es debido a que el desgaste de los contactores en el corte es mayor, a causa del aumento de la descarga de ruptura o chispa.

Las curvas de durabilidad de los contactores K acusan una disminución en el número de maniobras previsible a 690 V (**Fig. 11.10**).



Durabilidad de un contactor en categoría de empleo AC3.

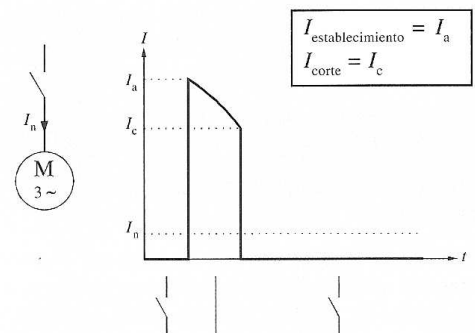
Fig. 11.10

► CATEGORÍA DE EMPLEO AC4

Un contactor trabaja en esta categoría de empleo cuando conmuta motores trifásicos en condiciones que podemos llamar "especiales". La más notable de ellas es la marcha del motor "a impulsos", en la que éste no llega a alcanzar su velocidad de régimen porque ha sido desconectado rápidamente de la red.

En tales condiciones, la intensidad de establecimiento y la de corte del contactor son elevadas (**Fig. 11.11**).

$$\begin{aligned} I_{\text{establecimiento}} &= I_a \\ I_{\text{corte}} &= I_c \end{aligned}$$



Contactor en categoría de empleo AC4.

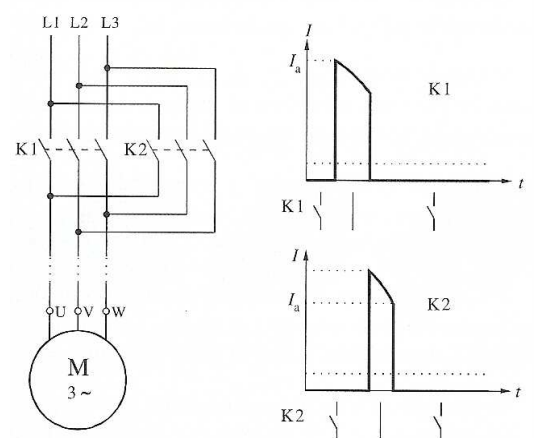
Fig. 11.11

* Otro régimen del motor en el que sus contactores trabajan en categoría AC4 es el que tiene previsto un frenado por "contracorriente". En dicho sistema, se detiene rápidamente el motor desconectándolo de la red y volviendo a conectarlo rápida y momentáneamente con dos fases intercambiadas entre sí. El motor experimenta una fortísima deceleración y se desconecta de nuevo de la red antes de que empiece a girar en sentido contrario.

La intensidad de establecimiento es muy elevada y la de corte coincide con la de arranque (**Fig. 11.12**).

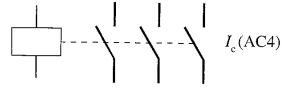
$$\begin{aligned} K1 &\rightarrow I_{\text{establecimiento}} = I_a \\ K2 &\rightarrow I_{\text{corte}} = I_a \end{aligned}$$

Para escoger un contactor que va a trabajar en categoría de empleo AC4, hay que conocer la máxima intensidad que puede cortar en perfectas condiciones. En los contactores de la serie K este valor es seis veces el de la Ie (AC3), a la tensión nominal de empleo, de 440 V. A mayor tensión, esa cifra disminuye (**Fig. 11.13**).



Contactores en categoría AC4 en un frenado por contracorriente.

Fig. 11.12



		K9	K12	K18	K25	K32	K40	K50	K65	K80	K95
I_c (máx) (A)	$U_e \leq 440$ V	54	72	108	150	192	240	300	380	480	570
	$U_e > 440$ V $U_e \leq 690$ V	40	50	70	90	105	150	170	210	250	250

Intensidad máxima de corte de contactores.

Fig. 11.13

La durabilidad previsible de un contactor que trabaja en categoría de empleo AC4 es mucho menor que la que le corresponde si trabaja en AC1 o AC3 (Fig. 11.14).

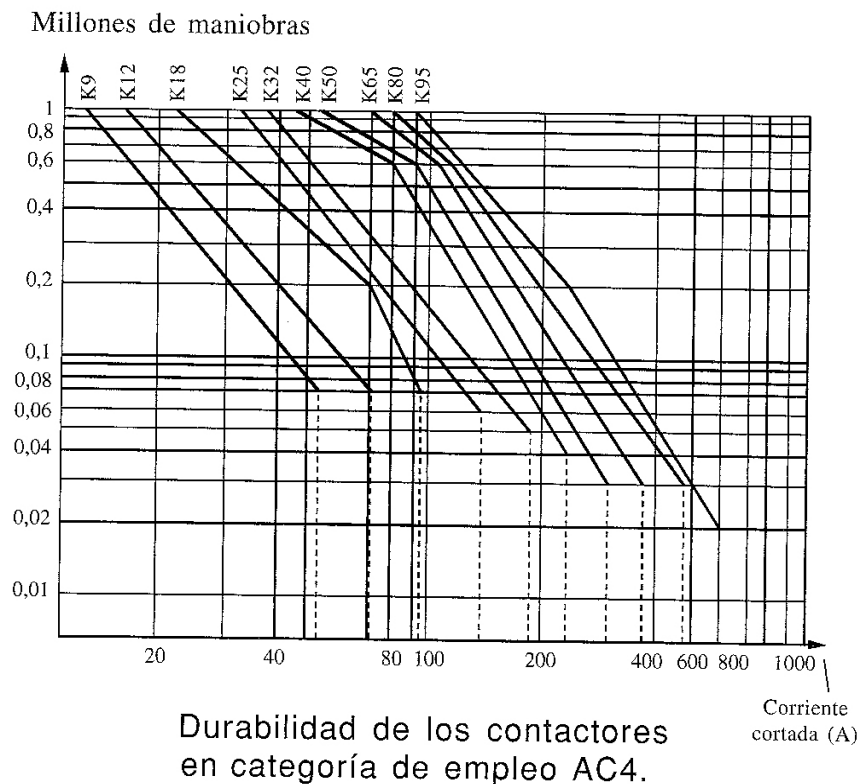
AC4 ($U_e \leq 440$ V)

Fig. 11.14

Ejemplo:

Un motor trifásico de 9 kW en red de 400 V, 18,4 A, trabaja en arranque directo y paro durante la aceleración, cuando su consumo es el triple del nominal.

Su contactor trabaja, evidentemente, en categoría AC4.

$$I_n = 18,4 \text{ A}$$

$$3 \cdot I_n = 55,2 \text{ A}$$

De la Figura anterior obtenemos que un contactor K12 nos asegura entre 100.000 Y 200.000 maniobras. Un K18, algo más de 300.000 y un K25 casi medio millón.

CONTACTORES DE CORRIENTE CONTINUA

Cuando el contactor realiza la conmutación en c.c. trabaja en categoría de empleo DC. Ver Fig. 11.15.

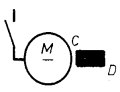
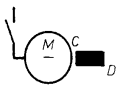
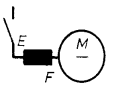
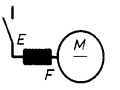
CATEGORÍA DE EMPLEO	CARGA	APLICACIONES	I_c	I_d
DC1		CARGAS RESISTIVAS calefacción hornos	I_n	I_n
DC2		MOTORES SHUNT corte a motor lanzado	$2,5I_n$	I_n
DC3		MOTORES SHUNT inversión marcha a impulsos.	$2,5I_n$	$2,5I_n$
DC4		MOTORES SERIE corte a motor lanzado.	$2,5I_n$	I_n
DC5		MOTORES SERIE inversión marcha a impulsos.	$2,5I_n$	$2,5I_n$

Fig. 11.5 CATEGORÍAS DE EMPLEO PARA MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA

Los datos técnicos de un contactor de c.c. son bastante similares a los de c.a.:

- Tensión máxima de aislamiento
- Tensión nominal de aislamiento.
- **Intensidad nominal de empleo, I_e**
La I_e (DC1) equivale a la I_e (AC1) y las I_e (DC2) e I_e (DC4) que equivalen a la I_e (AC3).
- Potencia cortada en la desconexión y Robustez eléctrica.
- **Categoría de servicio.**

Los contactores con indicación de categoría **DC-X** están destinados al accionamiento de cargas en corriente continua.

- DC-1 corresponde al uso con cargas no inductivas o poco inductivas.
- DC-2 y DC-3 al accionamiento de motores SHUNT
- DC-4 y DC-5 al accionamiento de MOTORES serie.

12 PROCEDIMIENTO PARA LA ELECCIÓN DE UN CONTACTOR

- 1º) Se determina la intensidad nominal del receptor: I_n
- 2º) Se deduce la categoría de servicio en función de la naturaleza y uso del receptor.
- 3º) Se determina la intensidad de establecimiento (conexión) I_c .
- 4º) Elegir un contactor con un calibre superior al valor de I_c .

NOTA: Para el dimensionado correcto de los contactores consultar un manual práctico de diseño de automatismos.

Ejemplo 12.1

Indica qué categoría es la más adecuada para un contactor que debe conectar una resistencia eléctrica de refuerzo en la puesta en marcha de un sistema de climatización cuando la temperatura exterior es demasiado baja. La resistencia eléctrica es de 5 kW y se conecta a 230 V.

Solución:

Esta aplicación necesita muy pocas maniobras ya que sólo se conectará cuando se conecte el sistema de climatización y, además, la temperatura sea suficientemente baja como para necesitar el refuerzo de calor. Por otro lado, por tratarse de una carga resistiva, su factor de potencia será prácticamente la unidad. Así, necesitaremos un contactor de categoría AC1.

Para escoger una referencia concreta deberemos consultar las tablas de elección de los fabricantes de

contactores.

Ejemplo 12.2

Para resolver un determinado problema de automatización se necesita un contactor que realice la conexión de fase y neutro (sólo necesitamos dos polos) a una carga monofásica de tipo resistivo de consumo 32 A. Se han pensado dos posibles soluciones:

- Utilizar un contactor de categoría AC 1, referencia LC 1-D32 (marca Telemecánica) de 3 polos y una corriente efectiva de 44 A (temperatura $\leq 55^{\circ}\text{C}$).
- Utilizar un contactor AC 1, de referencia LC 1-D 12 (marca Telemecánica) de 4 polos y una corriente efectiva de 20 A (temperatura $\leq 55^{\circ}\text{C}$).

Es evidente que la primera posibilidad es correcta pero, ¿lo es también la segunda? ¿Cómo deberíamos realizar la conexión para esta posible conexión?

Solución:

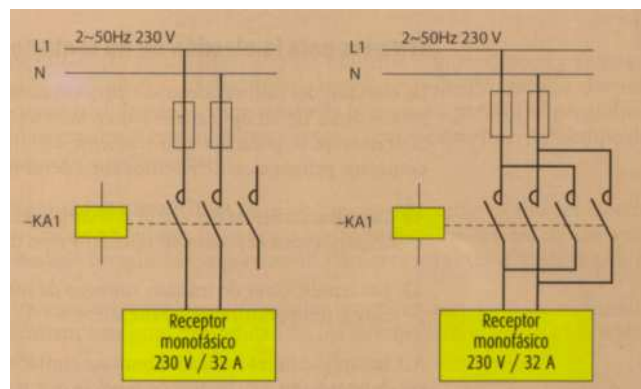


Fig. 12.1

A la izquierda, conexión de una carga monofásica con un contactor tripolar. A la derecha, forma de conectarla con un contactor con cuatro polos de menor calibre.

Se puede ver la forma de conectar los contactos principales del contactor. Al ser del calibre adecuado, sólo necesitamos utilizar dos de los tres contactos disponibles.

Cuando tengamos que conectar cargas monofásicas, es posible hacerlo con contactores de cuatro polos, conectando sus contactos principales en paralelo (dos a dos). Se puede observar en el esquema de la figura de la derecha. De esta forma podemos disminuir el calibre de los contactores, sin embargo, tener en cuenta lo siguiente:

La corriente efectiva que puede aguantar un contactor con contactos en paralelo no es proporcional al número de contactos en paralelo ya que se puede producir un reparto desigual de la corriente total entre los polos.

Para decidir qué calibre es el adecuado cuando se conectan contactos en paralelo, se debe multiplicar la corriente efectiva del contactor por un coeficiente que varía en función del número de contactos en paralelo. Por ejemplo, la guía de elección de contactores de la marca Telemecánica nos indica:

Nº de polos en paralelo	2	3	4
Factor de multiplicación	1'6	2'25	2'8

Fig. Tabla 12.2 Aumento de la corriente efectiva de servicio o empleo por la conexión en paralelo de los polos

Por tanto, consultando esta tabla podemos comprobar que la segunda opción propuesta (el contactor de cuatro polos y corriente efectiva de 20 A), al poner en paralelo dos polos, aumenta la corriente de servicio en un factor 1'6. Con lo cual,

$$I_{\text{serv}} = 1'6 \cdot 20 \text{ A} = 32 \text{ A (a temp. de } 55^{\circ}\text{C)}.$$

Por tanto, el hecho de poner los polos en paralelo nos permite disminuir el calibre del contactor utilizado.

Ejemplo 12.3

Una cinta transportadora está funcionando de manera continua en una cadena de producción. Esta cinta la mueve un motor asíncrono trifásico con una potencia de 10 kW. ¿Podemos utilizar un contactor de categoría AC1 para la conexión de este motor?

Solución:

No. La categoría AC1 es adecuada para cargas no inductivas o poco inductivas. Nunca para motores. Podríamos utilizar, considerando que no tendrá un uso por impulsos ni requerirá maniobras de inversión de giro, un contactor de categoría AC3. El calibre lo deberemos considerar a partir de la intensidad de arranque y la intensidad de corriente de servicio.

Número característico

A los contactores se les asigna un **número característico** que nos indica el número de contactos **auxiliares** de apertura (NC) y de cierre (NA) de que disponen.

- Si no tiene contactos conmutados tiene dos cifras: las decenas indican el número de contactos de cierre (contactos NA) y las unidades indican el número de contactos de apertura (contactos NC).
- Si tiene contactos conmutados, el número característico tiene tres cifras. Las unidades indican en este caso el número de contactos conmutados.

El número característico también sirve para los contactores auxiliares, relés y auxiliares de mando. En este caso hace referencia a todos sus contactos (no tienen contactos principales de potencia).

Ejemplo 12.4

Indica el número de contactos principales y auxiliares de cada uno de los siguientes contactores:

a) un contactor bipolar de número característico 20; b) un contactor tripolar de número característico 22 y c) un contactor tetrapolar de número característico 53.

Solución

a) Al ser bipolar dispone de dos contactos principales. El número característico 20 indica que dispone de dos contactos de cierre (NA) y ninguno de apertura (NC).

b) Al ser tripolar dispone de tres contactos principales. El número característico 22 indica que dispone de dos contactos de cierre (NA) y dos de apertura (NC).

c) Al ser tetrapolar dispone de cuatro contactos principales. El número característico 53 indica que dispone de cinco contactos de cierre (NA) y tres de apertura (NC).

Ejemplo 12.5

Indica el número característico de un pulsador NA, un conmutador y un pulsador marcha-paro (tiene dos contactos, 1 NA + 1 NC) y de un contactor auxiliar con cuatro contactos NA.

Solución:

Un pulsador NA tiene un número característico: 10.

Un conmutador tiene un número característico: 001.

Un pulsador marcha-paro tiene un número característico: 11.

Un contactor auxiliar de 4 contactos NA tiene un número característico: 40.

13 ¿CUANDO INTERESA BLOQUEAR MECÁNICAMENTE UN CONTACTOR?

Hay un caso muy frecuente en el que interesa que un contactor no pueda activarse aunque llegue tensión a su

bobina: cuando su activado puede producir perturbaciones en un motor o un cortocircuito en su instalación.

Esto ocurre, por ejemplo, si se activa el contactor K2M estando previamente activado el K1M (**Fig. 13.1**).

Aparte de la seguridad que proporcionan los contactos NC en serie con sus bobinas existe el **enclavamiento mecánico**.

Consiste simplemente en colocar los contactores próximos entre sí y realizar un acoplamiento mecánico entre ellos por medio de una pieza de enclavamiento. Cuando uno está activado, el otro no puede hacerlo aunque su bobina reciba tensión porque su electroimán está retenido.

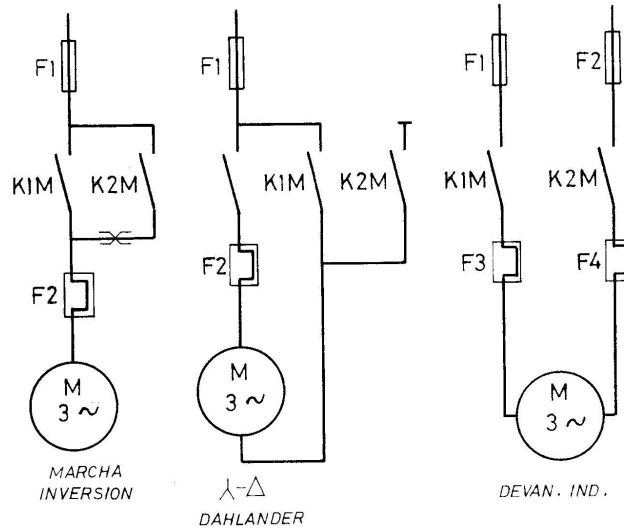
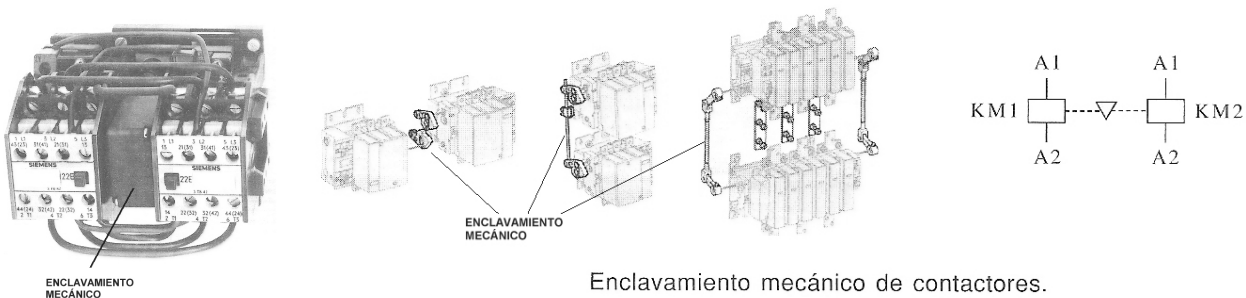


Fig. 13.1

En la **Fig. 13.2** representamos diferentes sistemas de enclavamiento junto a su símbolo gráfico.



Enclavamiento mecánico de contactores.

Fig. 13.2

El enclavamiento mecánico de dos contactores podemos considerarlo como un dispositivo que aumenta la seguridad de un automatismo sin introducir modificaciones que compliquen el circuito de mando.

En la **Fig. 13.3** vemos cuatro esquemas de mando con seguridad creciente respecto a un eventual activado simultáneo de K1M y K2M. Su esquema principal puede corresponder, por ejemplo, al de un motor trifásico con rotor en jaula, dos sentidos de giro y marcha a impulsos.

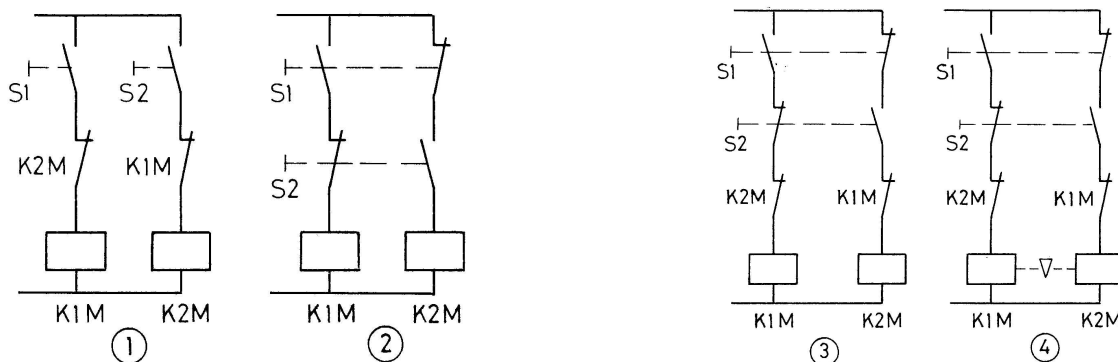


Fig. 13.3

* También es frecuente el caso inverso: interesa que un contactor permanezca activado a pesar de haber desaparecido la tensión en su bobina de mando. Un bloqueo de este tipo ahorra el consumo de electroimán y

evita desactivados no deseados cuando hay cortes breves en la red de suministro (**microcortes**).

* Asimismo es interesante en automatismos de máquinas con programa, en las que, tras producirse un paro, puede continuarse la maniobra en el punto en donde se quedó, sin tener que volver al punto inicial del proceso.

Este objetivo se consigue con un **bloque de retención mecánica**, que se acopla al contactor como si fuera un bloque de contactos auxiliares. Su esquema aparece recuadrado en la **Fig. 13.4**.

Un simple impulso de tensión a la bobina del contactor (A1-A2) deja sus contactos activados y el conjunto bloqueado. Otro impulso a la pequeña bobina del bloque de retención (E1-E2) lo desactiva. Un contacto interior evita que esta bobina pueda recibir tensión cuando el contactor está desactivado. Este bloque también tiene un pequeño pulsador de desbloqueo manual.

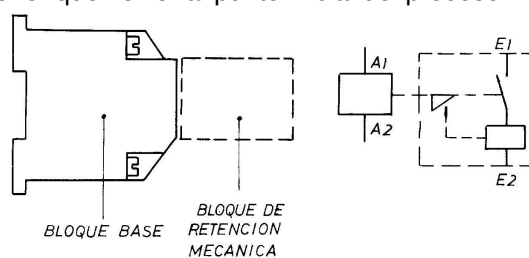


Fig. 13.4

Empleando uno de estos bloques, el control de un motor por pareja de pulsadores resulta el de la **Fig. 13.5**.

El consumo de la bobina es relativamente alto (de 50 a 60 VA) y los valores de su tensión de activado (bornas E1-E2) similares a los de cualquier contactor. Las tensiones de mando de un contactor y de su bloque de retención no tienen que ser necesariamente iguales: aquella puede ser de 230 V c/a y ésta de, por ejemplo, 48 V c/c.

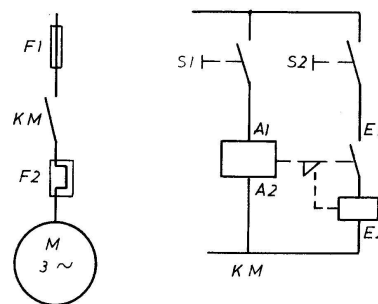


Fig. 13.5

Algunos bloques de retención mecánica contienen también un contacto NC. Este contacto se pondrá, entonces, en serie con la bobina del contactor y el enclavamiento entre ambas será mejor, como podemos ver en la **Fig. 13.6**.

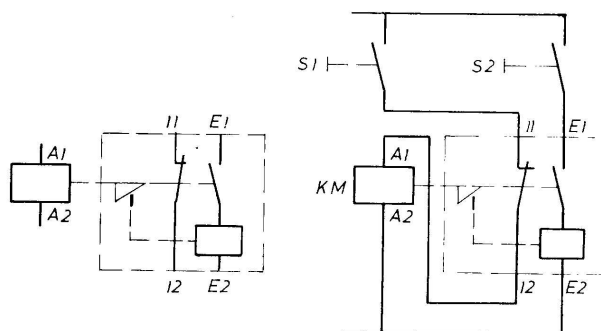


Fig. 13.6

* Puede conseguirse el bloqueo mecánico de un contactor empleando en él un electroimán de **remanencia**, que se alimenta en corriente continua. Con este sistema el contactor permanece activado indefinidamente aunque haya desaparecido la tensión de mando. Sólo se desactivará si se aplica a la bobina tensión con la polaridad invertida.

El esquema de la **Fig. 13.7** corresponde a este tipo de contactor. Las resistencias R1 y R2 reducen la tensión de mando a la de activado del contactor (que suele ser pequeña) y evitan un cortocircuito frente a un pulsado simultáneo de S1 y S2.

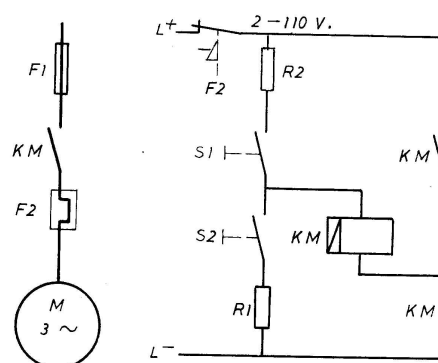


Fig. 13.7

14 LOS CONTACTOS AUXILIARES DEL CONTACTOR

Como ya sabemos, los contactores tripolares pueden disponer de uno o dos contactos auxiliares, que cambian de posición cuando lo hacen los contactores principales.

El contacto NA (13-14) suele usarse en la realimentación de la tensión de la bobina. El contacto NC (11-12) suele usarse para enclavamientos, como veremos más adelante (**Fig. 14.1**).

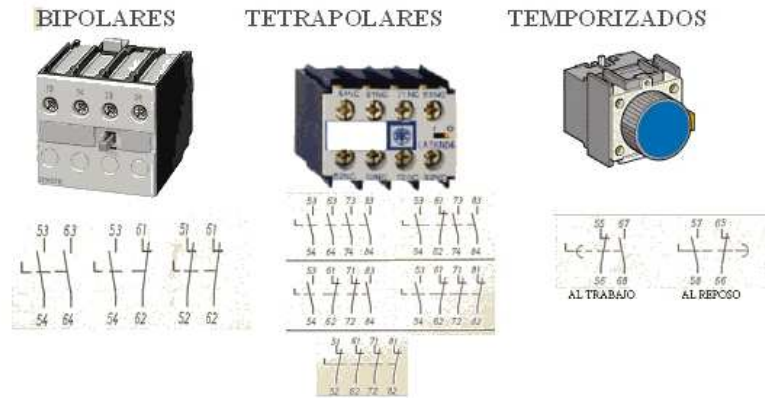
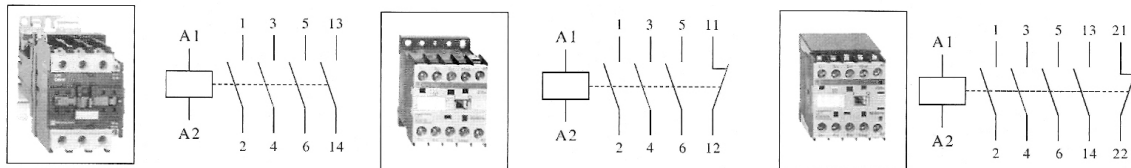


Fig. 14.1-a



Contactos auxiliares de contactores

Fig. 14.1-b

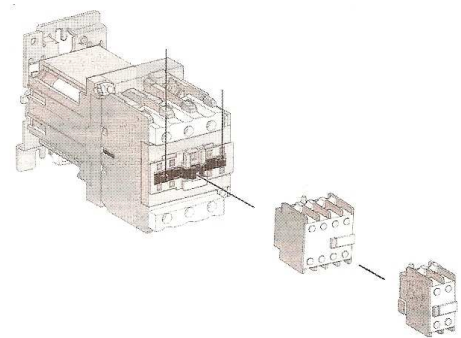
Puede aumentarse el número de contactos auxiliares de un contactor, acoplándole un **bloque de contactos auxiliares**. Este bloque es solidario con el movimiento del electroimán, y sus contactos cambian simultáneamente con los contactos principales y los auxiliares citados.

Su posición de acoplamiento suele ser frontal **Fig. 14.2**.

La denominación de sus bornas depende de la posición y naturaleza de sus contactos. En todos los casos se denominan por parejas de cifras, en las que:

- la primera indica la posición del contacto (5, 6) ó (5, 6, 7, 8)
- la segunda indica su naturaleza:

3-4 → NA
1-2 → NC



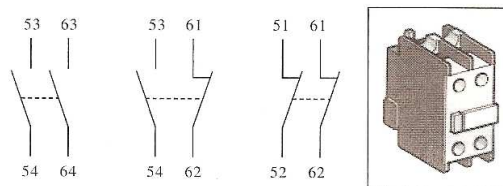
Bloques de contactos auxiliares.

Fig. 14.2

Bloques bipolares.

Dichos bloques pueden tener dos o cuatro contactos y admiten diversas variantes.

Los bloques de la **Fig. 14.3** son **bipolares**.

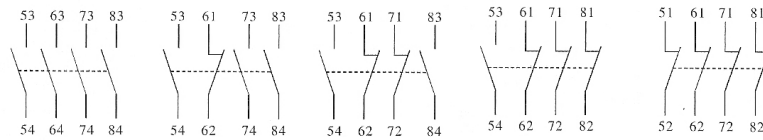
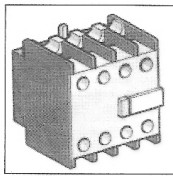


Bloques bipolares de contactos auxiliares.

Fig. 14.3

Bloques bipolares.

Los de la **Fig. 14.4** son tetrapolares.

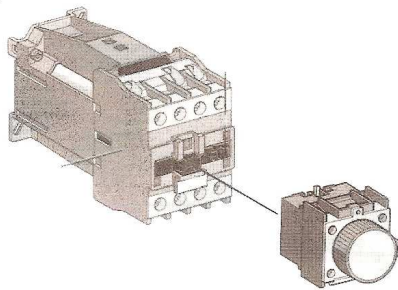


Bloques tetrapolares de contactos auxiliares.

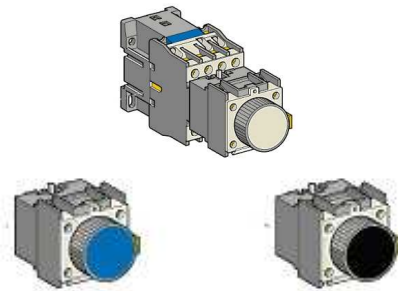
Fig. 14.4

Bloques temporizados

A un contador, también se le puede añadir un bloque con dos **contactos (NA y NC) temporizados**. Este tipo de contactos no cambia solidariamente con los del contador, sino que tiene un retardo (Fig. 14.5).



Bloques de contactos temporizados de un contactor.



Temporizado a la conexión

Temporizado a la desconexión

Fig. 14.5

El retardo citado admite dos variantes:

- **Con retardo a la conexión (TON, Timer ON Delay).**

También se llaman temporizados al trabajo (RT)

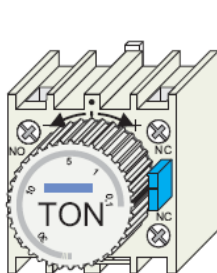
- Los contactos tardan un cierto tiempo en cambiar, cuando el contador se activa.
- Los contactos vuelven instantáneamente a su posición de reposo, cuando se desactiva.

- **Con retardo a la desactivación (TOF, Timer OFF Delay).**

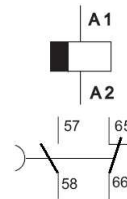
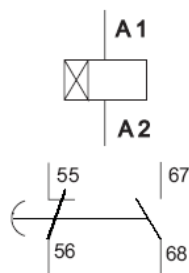
También se llaman temporizados al reposo (RR)

- Los contactos cambian instantáneamente cuando el contador se activa.
- Los contactos tardan un cierto tiempo en volver a su posición de reposo, cuando se desactiva.

Mostramos en la Fig. 14.6 sus respectivos símbolos.



Temporizado a la conexión (TON)



Temporizado a la desconexión (TOF)

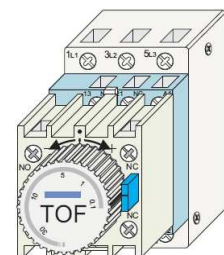


Fig. 14.6 BLOQUES DE CONTACTOS AUXILIARES CON RETARDO

El tiempo de retardo es regulable entre dos valores extremos, que fijan su **rango de temporización**. Encontramos rangos tales como:

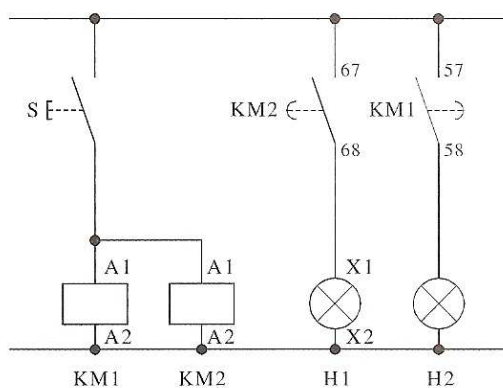
- 0,1 - 3 segundos
- 0,1 - 30 segundos
- 1 - 30 segundos
- 10 - 180 segundos
- otros valores.

Para darnos una idea del comportamiento de tales contactos, los conectamos según el esquema de la **Fig. 14.7**, en el que un pulsador activa dos contadores, uno con un contacto NA (RI) y otro con un contacto NA (RR). Ambos están regulados a cinco segundos.

Oprimiendo el pulsador S y manteniéndolo en dicha posición, la lámpara H2 se enciende instantáneamente y la H1 tarda cinco segundos en encenderse.

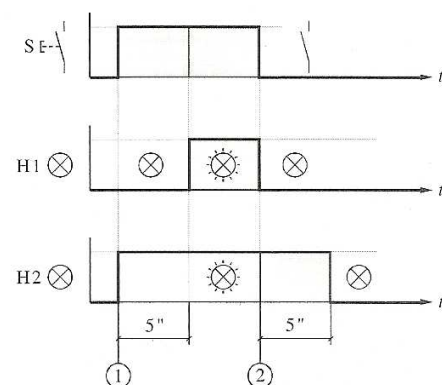
Liberando el pulsador, la H2 tarda cinco segundos en apagarse y la H1 se apaga instantáneamente.

Podemos expresar gráficamente lo ocurrido mediante un diagrama de secuencia, desde el instante 1 en que pulsamos, hasta el 2 en que soltamos (**Fig. 14.8**).



Contactos con retardo al trabajo y al reposo.

Fig. 14.7

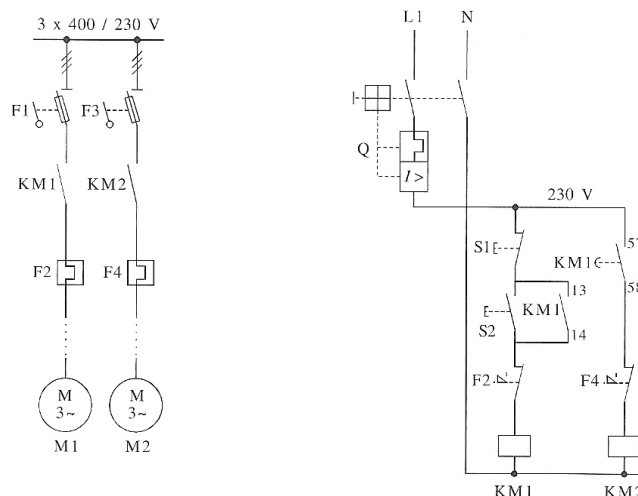


Diagramas de secuencia del esquema anterior.

Fig. 14.8

Estos contactos retardados ofrecen posibilidades muy interesantes a los automatismos en los que hay **tiempos** en las maniobras.

El esquema de la **Fig. 14.9** ofrece un ejemplo de ello. El pulsado de S1 provoca el arranque instantáneo del motor M1 y, tras cierto tiempo, también provoca el paro de M2.



Automatismo con dos motores trifásicos.

Fig. 14.9

¿Cómo se escogen los contactos auxiliares?

Como la elección de los contactos auxiliares se escapa del objetivo de este tema, que es la de exponer los aspectos generales, función y funcionamiento, solamente indicaremos los elementos a tener en cuenta para su elección.

- Tensión nominal de aislamiento, U_i
- Intensidad nominal térmica, I_{th} ,
que se define de igual forma que para un contacto principal (o polo).
- Categoría de empleo. Según trabaje en ca. o cc. (DC, AC).
- Potencia cortada.
- Vida útil. Depende de la potencia cortada y del número de maniobras.

15 CAMBIOS DE POSICIÓN EN LOS CONTACTOS DEL CONTACTOR

Cuando un contactor (principal o auxiliar) se activa, sus contactos cambian de posición: los polos cierran, los NO cierran y los NC abren.

El bloque de contactos tiene un **recorrido** que puede oscilar entre 8 mm. (contactores pequeños) y 28 mm. (medianos y grandes) y es realizado en milésimas de segundo.

¿En qué momento de este recorrido tiene lugar el cambio de posición de los contactos?

El diagrama de secuencias de contactos nos responde a esta cuestión (**Fig. 15.1**).

En el caso del primer contactor, los polos cierran a los 7 mm. de recorrido y el contacto NO a los 8 mm.

En el segundo contactor, el contacto NC ha abierto antes de que el NO cierre, como se exige en la mayoría de los casos.

En el contactor auxiliar que figura en último lugar ocurre lo mismo: los tres contactos NO cierran simultáneamente cuando el NC ya ha abierto.

Un contacto es **desplazado** y **retardado** cuando cambia de posición más lejos en el recorrido que los demás contactos iguales que él. Si es adelantado ocurre al contrario.

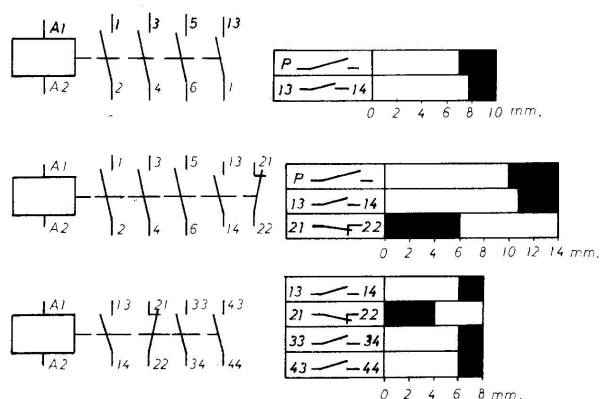


Fig. 15.1

En la **Fig. 15.2** tenemos dos ejemplos de contacto NO desplazado.

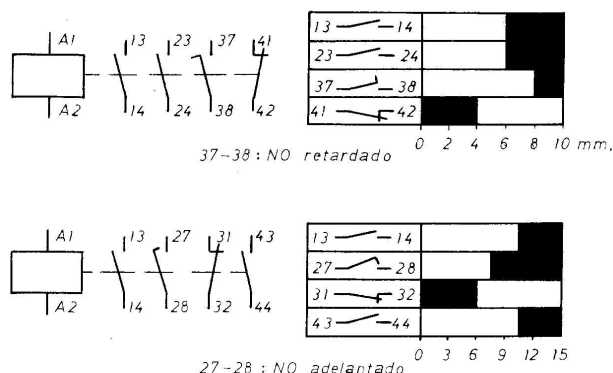


Fig. 15.2

Puede parecer que estas diferencias en el punto de recorrido no tienen importancia, ya que estamos hablando de tiempos brevísimos. Sin embargo, estos desplazamientos tienen su aplicación práctica. Vemos un **ejemplo**.

Un contactor con mando en c/c necesita muy poca energía para mantenerse activado, o dicho de otro modo, puede mantenerse, alimentando a la bobina con una tensión inferior a la nominal. Conseguimos ese efecto colocando en serie con la bobina una **resistencia «economizadora»** cuando ya está el contactor activado. Vemos en la **Fig. 15.3** el esquema habitual.

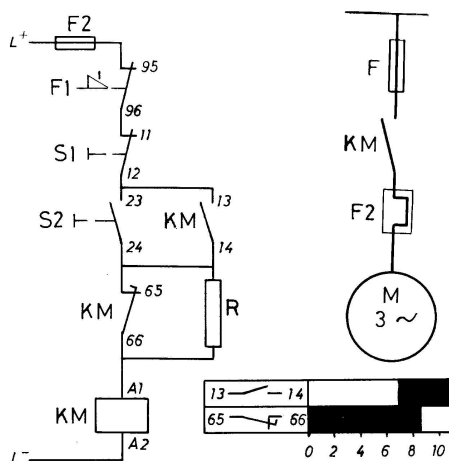


Fig. 15.3

A la vista de este esquema podría parecerse que KM no puede llegar a excitarse nunca, porque en algún momento pueden estar los dos contactos auxiliares abiertos. Fijándonos, sin embargo, en el diagrama de los contactos es fácil darse cuenta de que la bobina nunca deja de recibir tensión.

Cuando un contacto auxiliar NO y otro NC coinciden cerrados durante un fragmento del recorrido, se dice que están **solapados**. Los contactos 13-14 y 65-66 del esquema anterior (Fig. 15.3) están solapados, así como los dos últimos del contactor auxiliar de la Fig. 15.4 que se encuentran dibujados de modo diferente.

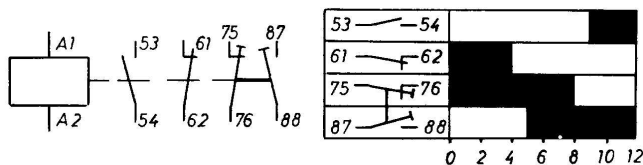


Fig. 15.4

16 ¿CÓMO TEMPORIZAR UN CONTACTOR?

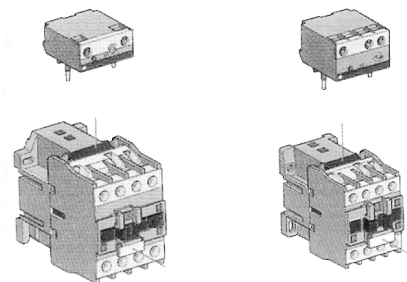
A veces puede interesar «temporizar» el contactor, es decir, que transcurra un tiempo entre el envío de la tensión de mando a su bobina y el activado de sus contactos.

El método más sencillo es colocar **en serie** con la bobina un «temporizador», que retrasa durante un tiempo el activado del contactor.

Al contactor auxiliar (y también al tripolar del motor) se le puede acoplar un dispositivo retardador serie (Fig. 16.1)

RETARDADOR RT

RETARDADOR RR



Contactores auxiliares con bloque retardador serie.

Fig. 16.1

Existen dos tipos de retardadores serie:

- El retardador al **trabajo RT**. Recibe la tensión que debía recibir la bobina, pero no se la envía hasta que transcurre un cierto tiempo (Fig. 16.2).

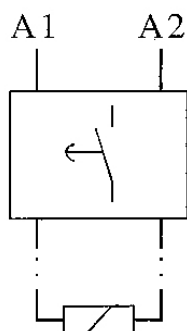
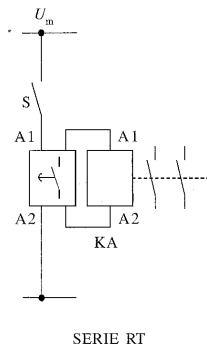


Fig. 16.2



SERIE RT

- El retardador al **reposo RR**. Tiene tres bornas: A1, A2 y B2. Entre A1 y A2 hay tensión permanente para su propia alimentación. Al recibir tensión entre A1 y B2 (cierre de S2), la envía a la bobina. Tras la desaparición de la tensión entre A1 y B2 (apertura de S2), transcurre un cierto tiempo hasta que desaparece la tensión en la bobina. (Fig. 16.3)

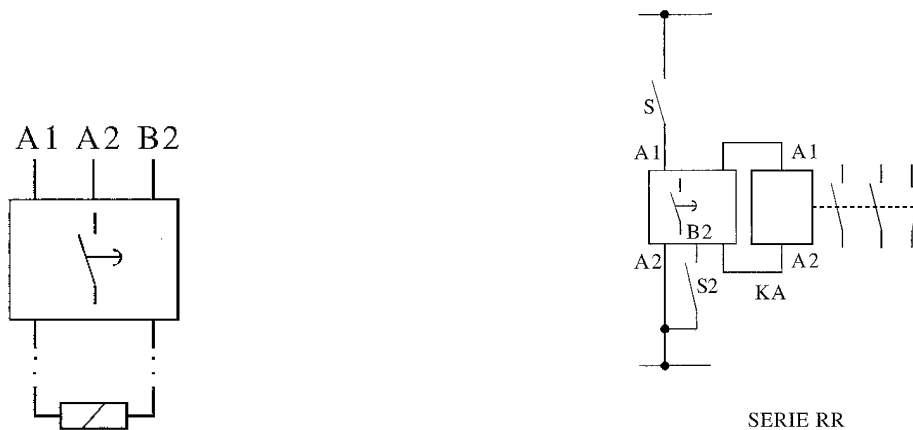
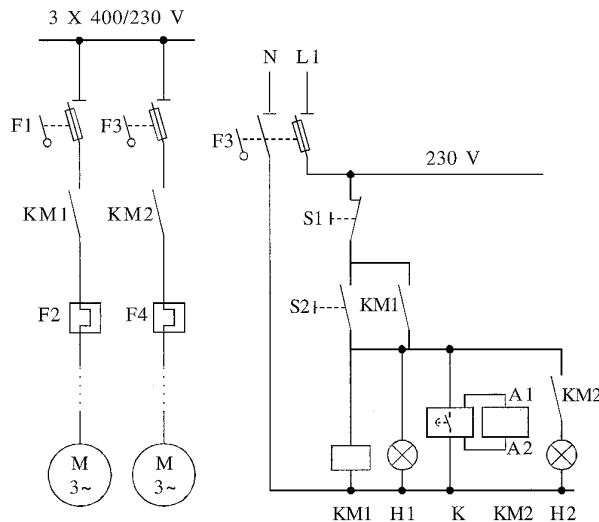


Fig. 16.3

En el circuito de la Fig. 16.4 aplicamos un bloque de retardo serie RT al contactor KM2. El pulsado de S1 provocará el arranque instantáneo del motor M1; tras cierto tiempo, arrancará el M2. El pulsado de S2 los detiene a ambos instantáneamente.



Automatismos de dos motores, con bloque de retardo serie.

Fig. 16.4

El tiempo se regula en un pequeño dial incorporado al mismo bloque de retardo serie. Se construyen en gamas de tiempos tales como:

- 0,1 - 2 segundos
- 0,5 - 30 segundos
- 25 - 30 segundos

y otras más.

Interiormente alojan un circuito a semiconductores, lo que motiva su denominación de retardadores electrónicos serie.

17 PROTECCIÓN FRENTE A CORTES DE TENSIÓN MOMENTÁNEOS

Cuando desaparece momentáneamente la tensión de mando y no es deseable que se desactive el contactor, existen unos **dispositivos de retardo** a la desconexión que pueden mantenerlo activado durante unos segundos. A través de ellos (RD en la Fig. 17.1) se excita el contactor con corriente continua filtrada con resistencia-

condensador. Si desaparece repentinamente la tensión alterna de mando, el contactor queda mantenido por la lenta descarga del condensador.

El paro manual con S1 o S2 es, sin embargo, instantáneo.

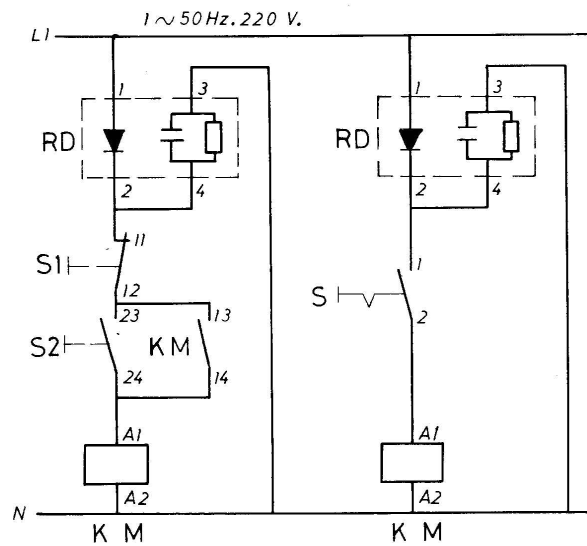


Fig. 17.1

18 PROTECCIÓN FRENTE A LAS SOBRETENSIONES

La bobina de un contactor es una carga inductiva. Por esta razón, cuando abre un contacto en serie con ella y desactiva el contactor, aparece en sus bornes A1-A2 una sobretensión momentánea que puede tener efectos parásitos en los receptores cercanos y reducir la robustez eléctrica prevista para el contacto.

Sabemos que colocando varios contactos en serie, se reparte entre ellos la tensión de conmutación y de este modo los picos de sobretensión que aparecen en cada uno no es muy alto. Un sistema diferente consiste en colocar **en paralelo con la bobina** un elemento de apagado o antiparasitario. Fig. 18.1

Este elemento puede consistir en:

- un grupo RC (para c/c),
- un diodo (para c/a) o
- un varistor (elemento cuya resistencia disminuye al aumentar la tensión)

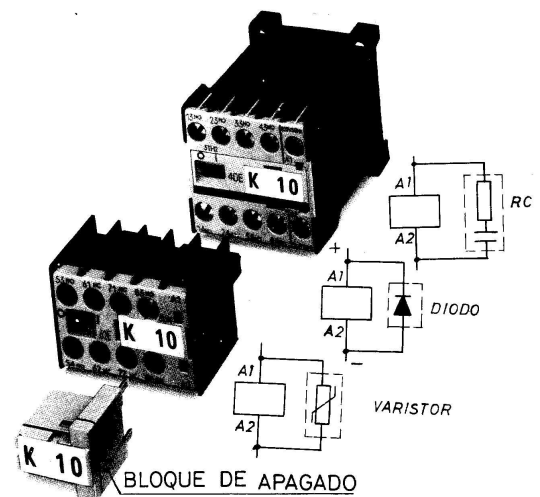


Fig. 18.1

19 CONTACTORES AUXILIARES.

Un contador auxiliar es un dispositivo análogo al contador principal, con la salvedad de que todos sus contactos son auxiliares. Aunque constructivamente y en tamaños pequeños son muy similares, sus contactos admiten intensidades menores.

Su función de conmutación la realizan exclusivamente en el circuito de mando de los motores, y cumplen funciones de enclavamiento, temporización, señalización, etc. (Fig. 19.1).

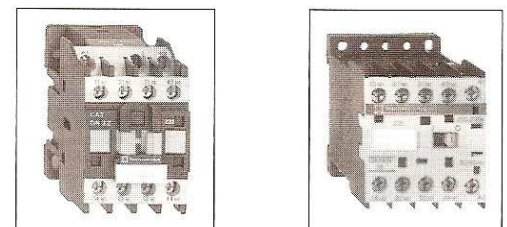


Fig. 19.1 CONTACTORES AUXILIARES

Las bobinas de los contactores auxiliares se las denomina con las letras KA seguidas de un número de orden (Fig. 19.2).

Generalmente admiten cuatro contactos y se construyen con las variantes NA y NC.

Al igual que los contactores tripolares, también admiten bloques adicionales de dos o cuatro contactos

instantáneos, dos contactos con retardo y de retención mecánica.

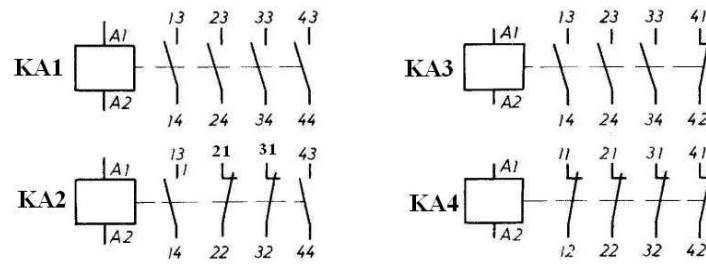


Fig. 19.2

En la **Fig. 19.3** se representan las dos formas más habituales de colocación de estos bloques suplementarios: lateral y frontal.

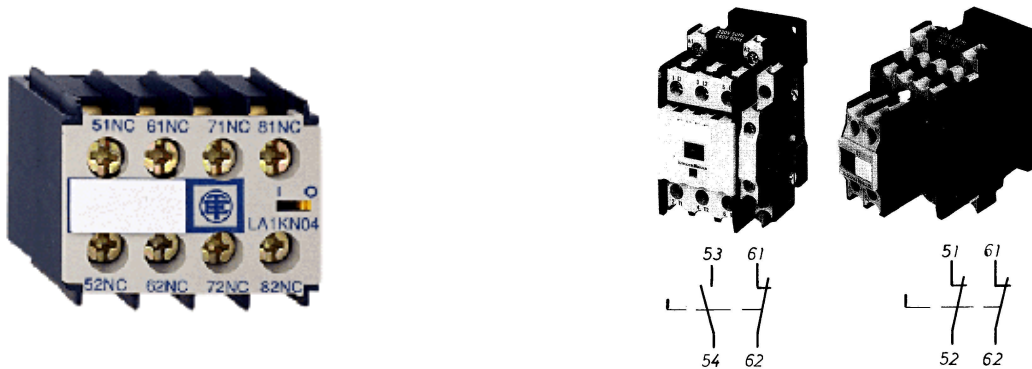
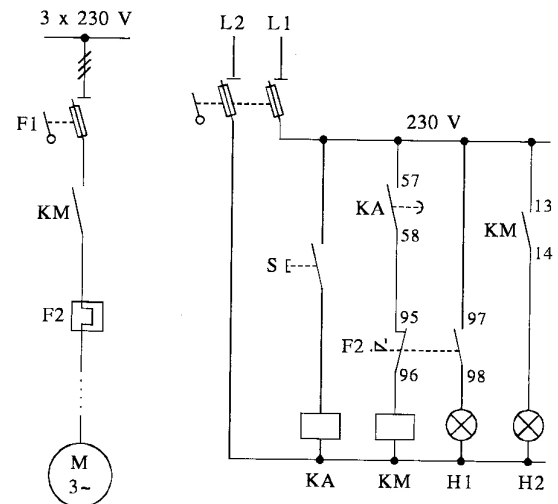


Fig. 19.3 BLOQUES SUPLEMENTARIOS

Reservamos para ellos la denominación KA en los esquemas, utilizando la denominación KM para los tripolares.

Podemos usar un contador auxiliar en el sencillo caso de un motor que, tras un cierto tiempo en marcha, deba pararse automáticamente (**Fig. 19.4**). Empleamos un piloto de señalización de desconexión por sobrecarga H1 y otro H2 para señalar la marcha.



Circuito de motor con contactor auxiliar.

Fig. 19.4

Nota: El término de contactor auxiliar puede inducir a confusión y es recomendable llamar a este tipo de elementos RELES AUXILIARES.

Contactor es un elemento de conmutación para la parte de potencia (fuerza). KMx

Relé auxiliar es un elemento de conmutación para la parte de mando (maniobra). KAx

EL CONTACTOR

- TIENE POLOS
- PUEDE TENER MÁS DE UN CONTACTO AUXILIAR
- SE USA EN EL CIRCUITO DE MANDO
- SE USA EN EL CIRCUITO DE FUERZA
- SE DENOMINA KM_
- AGUANTA MÁS CORRIENTE



EL RELE AUXILIAR

- NO TIENE POLOS
- SOLO TIENE CONTACTOS AUXILIARES
- SOLO SE USA EN EL CIRCUITO DE MANDO
- NO SE PUEDE USAR EN EL CIRCUITO DE FUERZA
- SE DENOMINA KA_
- AGUANTA MENOS CORRIENTE



Fig. 19.5

